

Treball de Fi de Màster

Màster Universitari en Enginyeria Industrial

Disseny d'una torre de vigilància d'incendis forestals

MEMÒRIA

Autor: Gerard Albarrán Ràfols
Director: Dr. Emilio Angulo
Convocatòria: Abril 2020



Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Industrial de Barcelona



Resum

En aquest treball s'ha realitzat el disseny d'una torre de vigilància d'incendis forestals. El disseny inclou l'estructura, els fonaments, les unions i les instal·lacions de la torre.

Es tracta d'una torre de 24 m d'alçada d'estructura metàl·lica pensada per acollir a un vigilant a la part més elevada. Durant les èpoques de més risc d'incendi, aquest vigilant farà la funció d'avisar a les autoritats en cas de detectar una columna de fum, i per tant, un possible incendi.

L'estructura s'ha realitzat amb perfils tubulars de secció quadrada. L'acer utilitzat és el S235 i l'estructura té tant unions soldades com cargolades. El fonament de l'estructura és una llosa contínua de formigó armat.

En l'àmbit d'instal·lacions, la torre disposa d'energia elèctrica gràcies a un sistema de generació per plaques solars fotovoltaïques. L'habitacle de la torre disposa de corrent per connectar petits aparells, i per millorar el confort del vigilant, la cabina incorpora un equip d'aire condicionat.

A part del disseny pròpiament de la torre, s'ha realitzat un pressupost de l'execució de la torre, un pressupost de la realització d'aquest projecte i un estudi ambiental de l'impacte de la torre.

Sumari

SUMARI	5
1. INTRODUCCIÓ	7
1.1. Objectius del projecte	7
1.2. Abast del projecte	7
2. JUSTIFICACIÓ	8
2.1. Motivació personal	8
2.2. Motivació industrial	8
3. ESTAT DE L'ART	9
4. ESPECIFICACIONS BÀSIQUES	19
5. NORMATIVES	22
6. DISSENY CONCEPTUAL	23
6.1. Cabina	24
6.2. Escala	25
6.3. Estructura metàl·lica	26
6.4. Perfils metàl·lics	29
6.5. Unions	30
6.5.1. Unions cargolades	30
6.5.2. Unions soldades	30
6.6. Fonaments	31
6.7. Instal·lacions	34
6.7.1. Instal·lació de baixa tensió	34
6.7.1.1. Arquitectura elèctrica	34
6.7.1.2. Quadre general de baixa tensió	35
6.7.1.3. Cablejat	36
6.7.1.4. Generació solar fotovoltaica	38
6.7.1.5. Mecanismes i il·luminació	41
6.7.1.6. Parallamps	42
6.7.2. Instal·lació d'aire condicionat	42
6.7.3. Emissora de ràdio	44
6.7.4. Estació meteorològica	45
6.7.5. WC	46

6.8. Recinte perimetral.....	46
6.9. Caseta elements elèctrics.....	47
6.10. Protecció contra incendis.....	48
7. CÀLCUL ESTRUCTURAL	49
7.1. Hipòtesis de càrrega	49
7.1.1. Pes propi.....	51
7.1.2. Càrregues mortes	51
7.1.3. Sobrecàrrega d'ús.....	52
7.1.4. Vent	52
7.1.5. Neu	55
7.1.6. Sisme.....	55
7.2. Resultats	57
8. PRESSUPOST	68
8.1. Pressupost del projecte	68
8.2. Pressupost d'execució del projecte	69
9. PLANIFICACIÓ DEL PROJECTE	70
10. IMPACTE AMBIENTAL	71
CONCLUSIONS	73
AGRAÏMENTS	75
BIBLIOGRAFIA.....	76

1. Introducció

1.1. Objectius del projecte

L'objectiu central d'aquest projecte és el disseny d'una torre de vigilància d'incendis forestals (TVIF). Les parts principals a calcular i definir són l'estructura i les instal·lacions de la TVIF. Tot el disseny haurà de complir amb els reglaments i normatives vigents aplicables.

Altrament, s'han definit un seguit d'objectius secundaris, alguns dels quals són resultat directe de les eines i procediments que s'utilitzaran per dur a terme el projecte:

- Consolidació dels coneixements en càlcul estructural adquirits durant el màster.
- Consolidació dels coneixements d'instal·lacions adquirits durant el màster.
- Aprenentatge del programari de càlcul estructural CYPE que s'utilitzarà pel càlcul de la torre.
- Adquisició d'una visió global del que és un projecte de construcció.
- Adquisició de coneixements sobre les diferents opcions de vigilància d'incendis forestals.
- Adquirir experiència en la generació de documents tècnics

1.2. Abast del projecte

Aquest projecte s'ha estructurat de forma general en les següents parts:

- Estudi de les diferents opcions de TVIF actuals.
- Tria i justificació del tipus de TVIF a dissenyar.
- Definició de les especificacions de la TVIF.
- Disseny conceptual de la TVIF, tant la part estructural com la part d'instal·lacions.
- Càlcul de l'estructura i de les instal·lacions.
- Generació de plànols.
- Estudi d'impacte ambiental de la TVIF
- Elaboració d'una planificació del projecte i d'un pressupost d'honoraris.

Queda fora de l'abast d'aquest treball el disseny detallat de les instal·lacions. Es limitarà l'abast a definir i donar un model i marca de l'element en qüestió, i en alguns casos, es realitzarà un predimensionament.

2. Justificació

2.1. Motivació personal

Des d'un principi, tenia clar que el tema del treball de final de màster havia d'estar relacionat amb el món de la construcció i les estructures. Durant el quart curs de grau vaig realitzar unes pràctiques a l'Ajuntament de Barcelona, on vaig descobrir que l'àmbit de la construcció m'interessava de cara a la meva carrera professional. Posteriorment a aquelles pràctiques, va ser fàcil escollir l'especialització del màster en estructures i construcció. Per tant, el TFM havia d'estar relacionat amb aquesta branca de l'enginyeria.

Una TVIF em sembla una construcció prou interessant per dur a terme aquest projecte, ja que té una certa dificultat estructural al tractar-se d'un edifici esvelt i d'una altura considerable. El fet que el càlcul suposi un repte, per mi és una motivació.

La idea de calcular l'estructura de la TVIF implica l'ús d'algun programa especialitzat. He utilitzat aquesta necessitat com a motivació, ja que realitzaré aquest treball amb un programa que desconec completament i que pretenc, mitjançant aquest treball, aprendre a utilitzar com a mínim de forma bàsica. El programa en qüestió és el CYPE, programa de renom en el càlcul estructural. A l'escola ens han ensenyat a utilitzar altres programes de càlcul, tots ells molt útils, però considero que aprendre a utilitzar un programa més serà beneficiós per a la meua carrera professional.

2.2. Motivació industrial

Una motivació industrial per la construcció de TVIF és el fet que degut al canvi climàtic, els incendis forestals augmenten cada any. Per tant, si augmenten els incendis forestals i no hi ha cap opció de frenar el canvi climàtic a curt termini, només es poden prendre mesures pal·liatives, com ara la construcció de TVIF.

Com a part d'aquestes mesures, alguns governs molt afectats per incendis en les seves regions podrien demandar la construcció de noves TVIF per tal de tenir el territori més controlat i així reduir el risc d'incendi.

3. Estat de l'art

En aquest apartat s'estudiaran les opcions que hi ha actualment a l'hora de construir una TVIF. Per tal d'entendre millor les possibilitats del mercat, s'han realitzat un seguit de classificacions per segmentar les TVIF.

El primer pas ha sigut recollir tota la informació possible sobre les TVIF. S'ha procedit realitzant una cerca principalment a través de la web. D'aquesta cerca s'ha obtingut una base de documentació gràfica que ha permès analitzar els tipus de TVIF.

En alguns diaris digitals d'àmbit local, sobretot, s'han trobat notícies relacionades amb la inauguració de TVIF. També s'han trobat diverses notícies de la comunitat de Galícia, en les quals s'informa que s'ha instal·lat un sistema de vigilància d'incendis autònom per càmeres.

Un cop recopilada la informació, s'han establert quatre característiques principals d'una TVIF que serviran per classificar-les:

- Material de construcció
- Altura
- Equipament
- Nivell d'automatització.

Aquestes són les característiques que defineixen una TVIF. A continuació s'aprofundirà en cadascuna d'aquestes categories.

Material de construcció

Com a primer mètode de classificar una TVIF, s'ha utilitzat el material de construcció. Es tracta d'un element bàsic de la TVIF, ja que el material de construcció implica una limitació en una altra de les categories que es veuran més endavant: l'altura. Hi ha algun material que, per capacitat, no permet edificacions de certa altura.

A l'hora de fer la classificació s'ha tingut en compte exclusivament el material de construcció de l'estructura de la TVIF, ja que és la part més rellevant de la torre. Els materials amb què està feta la cabina del vigilant no s'han valorat a l'hora de fer la classificació, ja que podríem trobar TVIF que tenen l'estructura metàl·lica, però l'habitable està construït amb altres elements:

- Metall: en aquest grup s'inclou l'acer i l'alumini. Principalment, aquestes TVIF es caracteritzen per tenir una estructura a base de perfils lleugers metàl·lics formant una gelosia que està coronada per un habitacle.



Fig. 3.1. Exemple de TVIF metàl·lica.

Font: www.mapio.net

- Obra: aquestes TVIF poden tenir estructura metàl·lica o de formigó. La seva característica diferencial és que tota la TVIF té tancaments d'obra que generen un habitacle en tota l'altura de la TVIF.



Fig. 3.2. Exemple de TVIF d'obra.

Font: www.monografias.com

- Fusta: aquestes TVIF es caracteritzen per tenir una estructura formada per perfils de fusta els quals formen una gelosia coronada per un habitacle. La forma és molt similar a les de metall però amb la diferència que l'estructura és de fusta.



Fig. 3.3. Exemple de TVIF de fusta.

Font: www.wikipedia.es

Altura

Un cop vists els tipus de material de construcció que es poden utilitzar per construir una TVIF, s'ha passat a classificar-les segons l'altura. L'altura determina la dificultat del càlcul de l'estructura de la TVIF, i a la vegada, l'altura ve determinada per l'orografia del terreny. Quan es tracta de col·locar una TVIF en una plana i no es disposa de cap elevació natural del terreny on ubicar-la, la solució per tenir el màxim camp de visió implica fer la TVIF d'una altura considerable. Contràriament, si el mateix terreny proporciona una zona elevada on ubicar la TVIF, no és necessari augmentar l'altura per tal de tenir un bon camp de visió.

S'ha decidit separar les TVIF en altura superior o inferior als quinze metres. S'ha considerat que és l'altura en la qual l'estructura de la torre comença a tenir un cert nivell de complexitat:

- Altura inferior a quinze metres: en aquesta altura es troben les TVIF que poden emplaçar-se en una zona elevada i no tenen obstacles en el camp de visió. Al complir aquestes condicions, no és necessari que la TVIF tingui una altura considerable.

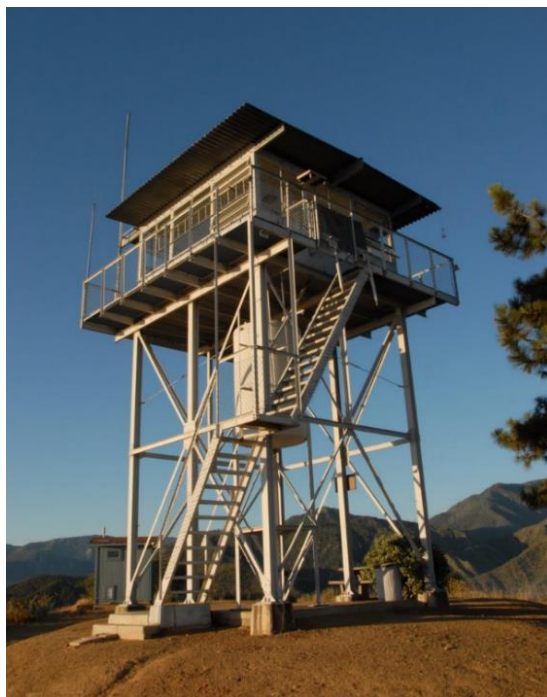


Fig. 3.4. Exemple de TVIF d'altura inferior a quinze metres.

Font: www.steeltowerchn.com

- Altura superior a quinze metres: en aquesta categoria es troben les TVIF que no es poden emplaçar en un punt elevat que els hi doni un camp de visió òptim de forma natural. També pot ser que per requeriments de disseny, es vulgui obtenir un camp de visió molt ampli. Aquest fet pot fer que una TVIF ben ubicada, superi els 15 metres d'altura i es trobi en aquesta categoria.



Fig. 3.5. Exemple de TVIF d'altura superior a quinze metres.

Font: www.monografias.com

Equipament

Una altra opció per classificar les TVIF, és segons el seu equipament. S'han separat en tres grups: des de cap mena d'equipament a una TVIF amb tecnologia punta:

- Sense equipament: es tracta d'una TVIF molt bàsica que no disposa de cap instal·lació de suport ni d'acomodament per l'usuari de la torre.
- Equipament bàsic: una TVIF d'aquest tipus disposa d'alguna de les següents instal·lacions:
 - Sistema de comunicació per ràdio.
 - Aliada de pínules: es tracta d'un instrument topogràfic simple, la funció del qual és determinar la ubicació d'un element. En el cas de la TVIF, s'utilitza per determinar la ubicació del possible incendi. D'aquesta forma es transmeten les coordenades del punt a les autoritats i es facilita la seva localització als cossos de bombers.



Fig. 3.6. Aliada de pínules col·locada en una TVIF.

Font: www.laopiniondezamora.es

- Parallamps.
- WC.
- Estació meteorològica.

- Equipament avançat: una TVIF d'aquestes característiques pot disposar de les instal·lacions anteriorment mencionades, més les que es llisten a continuació:
 - Càmera dual (Visió tèrmica i visió normal).
 - Sensors de detecció de fum o flames.
 - Sistema integrat de comunicació que transfereix les imatges y les dades meteorològiques al centre de control a temps real.
 - Instal·lació elèctrica.
 - Plaques solars fotovoltaïques.
 - Aerogenerador de petites dimensions.

Nivell d'automatització

L'última classificació té una relació directa amb l'anterior. S'han separat les TVIF en tres grups segons el seu nivell d'automatització:

- Sense automatització: aquest tipus de TVIF necessiten la presència d'una persona, la qual fa la funció de vigilància utilitzant la seva vista. Si no hi ha un vigilant, la TVIF no té cap utilitat. El vigilant que realitza aquestes funcions ha d'estar format en geolocalització de punts utilitzant l'aliada de pínules, ha de saber utilitzar una ràdio correctament i és recomanable que estigui familiaritzat amb el terreny.



Fig. 3.7. Exemple de TVIF amb vigilant.

Font: www.conaf.cl

- Automatització parcial: aquestes TVIF disposen d'un equipament superior a l'anterior. Tot i que necessiten la presència d'un vigilant, està assistit per càmeres, sensors o informació meteorològica. És a dir, quan la TVIF no té vigilant, pot seguir fent algun servei de vigilància a través de l'enviament d'imatges i/o dades meteorològiques.



Fig. 3.8. Exemple de TVIF que disposa de càmeres tot i necessitar un vigilant.

Font: www.digitalsecuritymagazine.com

- Totalment automatitzada: aquestes TVIF porten un equipament avançat que permet fer les tasques de vigilància sense necessitar la presència d'un vigilant. El funcionament habitual és que la TVIF envia totes les dades a un centre de control en temps real, on una persona rep la informació dels diferents punts de vigilància i verifica els senyals d'alarma a través de les imatges rebudes.



Fig. 3.9. Exemple de TVIF automatitzada.

Font: www.roboticscats.com

Un cop realitzada la segmentació de les TVIF, s'ha realitzat un petit estudi sobre empreses que es dediquin a la construcció de TVIF. El motiu de realitzar aquest estudi és per tal de tenir una petita mostra del sector.

Cercant per internet, s'han pogut trobar dues empreses que ofereixen TVIF. Cal remarcar que no s'ha fet un estudi en profunditat i que segur que hi ha més empreses que es dediquen a la construcció de TVIF.

Les dues empreses que s'han trobat són dos casos de negoci molt diferents. En el primer, l'empresa SR7, les TVIF suposen un dels seus negocis principals. La segona empresa, INSAMETAL S.A., es dedica principalment a la construcció d'elements metàl·lics no estructurals, i a part del seu negoci principal, tenen la línia de TVIF.

A continuació, es realitzarà una petita explicació de les dues empreses per tal de veure les diferents opcions que ofereixen respecte a les TVIF.

SR7 Proyectos de Vigilancia Integral

SR7 és una marca registrada de la companyia espanyola Multiinformática Principado. Les oficines centrals estan ubicades al Principat d'Astúries. La marca opera en el sector tecnològic i està especialitzada en el treball amb càmeres tèrmiques, així com en el processament d'imatges tèrmiques i convencionals.

Cal remarcar que a la seva web indiquen que tenen capacitat per operar en tots els continents, tot i que per la informació que ofereixen, el seu principal negoci es troba a la península Ibèrica.

L'empresa té tres grans línies de negoci: la vigilància d'incendis forestals, la vigilància i seguretat d'infraestructures crítiques civils i la vigilància i seguretat d'infraestructures militars. La que ens interessa de cara a la realització d'aquest projecte és la primera d'elles, les TVIF.

En la divisió de vigilància d'incendis forestals, el producte principal són les TVIF autònomes. Ofereixen un sistema que utilitza processos d'enginyeria informàtica, robòtica, visió artificial i comunicacions per tal de garantir una vigilància continua i autònoma de 24 h al dia.

Deixen clar que s'ha de fer un projecte per poder definir tots els paràmetres del seu sistema però parlen d'un rang de vigilància perimetral habitual d'entre cinc i deu quilòmetres, tot i que en bones condicions, pot arribar als vint quilòmetres. Per tal d'aconseguir aquest rang, les seves TVIF tenen una altura considerable de trenta-cinc metres.

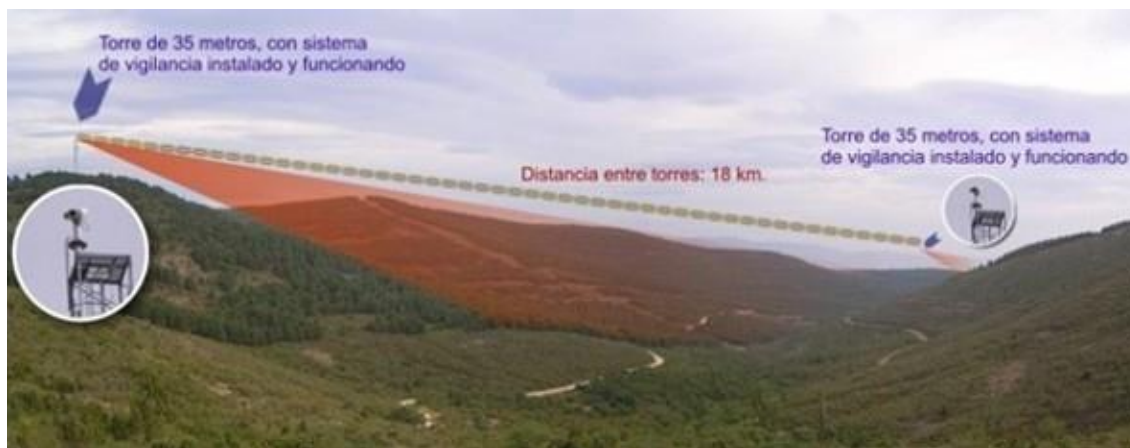


Fig. 3.10. Exemple de l'abast de les TVIF de SR7.

Font: SR7 Proyectos de Vigilancia Integral

Segons la classificació anterior, aquestes torres estarien classificades de la següent manera: estructura metàl·lica, altura superior als 15 metres, equipament avançat i automatització total. Es pot considerar que el producte que ofereixen té altes prestacions tecnològiques.



Fig. 3.11. TVIF de SR7.

Font: SR7 Proyectos de Vigilancia Integral

INSAMETAL S.A.

Es tracta d'una companyia espanyola amb seu a Castella - La Manxa. Aquesta empresa es dedica principalment a la fabricació i muntatge d'elements metàl·lics per a carreteres i ferrocarril. A part, ofereixen un gran llistat de productes metàl·lics, com ara proteccions acústiques o reixes electrosoldades. Operen a escala nacional, sobretot amb contractes amb l'Administració en l'àmbit d'infraestructures del transport.

A part de tots els productes comentats anteriorment, a la seva web podem observar que en l'apartat d'altres projectes tenen una TVIF construïda a la província de Cuenca, com a exemple.

Com a negoci secundari ofereixen la construcció de TVIF, que en la definició anterior, estarien classificades de la següent manera: d'estructura metàl·lica, de més de quinze metres, sense equipament i sense automatització.



Fig. 3.12. Exemples de TVIF construïdes per INSAMETAL.

Font: INSAMETAL S.A.

4. Especificacions bàsiques

Una TVIF consisteix en una torre que es col·loca en un entorn forestal i s'utilitza per dur a terme tasques de vigilància contra incendis. L'objectiu d'una TVIF és detectar un possible conat d'incendi el més aviat possible i comunicar immediatament la ubicació i les característiques d'aquest als cossos d'emergències perquè actuïn pertinentment. Una funció secundària de les TVIF és la lluita contra els incendis intencionats. Una TVIF pot causar un efecte dissuasiu sobre persones que tinguin la intenció de provocar un incendi.

Les necessitats principals de la TVIF es redueixen, per tant, a la detecció de l'incendi i a la comunicació amb els serveis d'emergències. Les característiques de la TVIF han d'estar enfocades a facilitar aquestes dues necessitats principals.

Abans de detallar les especificacions de la TVIF pròpiament, cal definir la ubicació d'aquesta, ja que afectarà les especificacions.

Per aquest projecte, s'ha definit com a ubicació de la TVIF una zona boscosa de la comarca de la Garrotxa com la que es pot veure en la figura 4.2.. La ubicació també és important pel càlcul estructural. En funció de la ubicació, les carregues i hipòtesis que s'hauran de tenir en compte poden variar, sobretot les de caràcter climàtic i sísmic.

La TVIF estarà ubicada en una zona poc muntanyosa en una altitud inferior a mil metres. Aquest fet és important a l'hora d'especificar l'alçada de la TVIF. Es considera que no es pot ubicar en una zona elevada respecte a la zona circumdant, i per tant, s'ha de construir una TVIF d'una alçada considerable.

Les coordenades GPS en decimals de la ubicació són: latitud 42,1887 i longitud 2,5825. La parcel·la cadastral és la 17196A00100008.

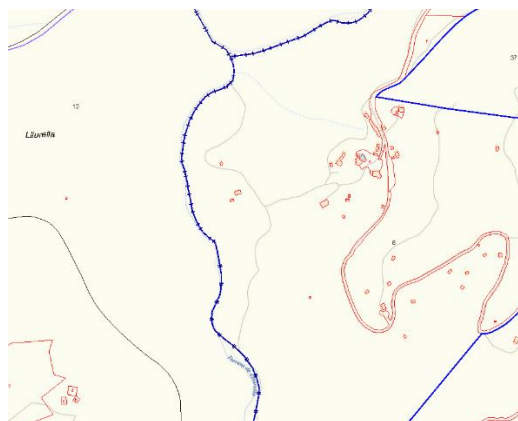


Fig. 4.1. Plànol del cadastre de la zona

Font: Cadastre



Fig. 4.2. Parc Natural de la Garrotxa.

Font: www.abc.es

A continuació es detallen les especificacions bàsiques de la torre:

- **Material de construcció:** s'ha escollit l'acer, ja que per complir amb l'especificació de l'alçada, l'opció més viable per construir l'estructura de la TVIF és utilitzant estructura metàl·lica. Dins de les opcions d'estructura metàl·lica, s'ha descartat l'alumini pel seu preu elevat i per la dificultat de donar rigidesa a una estructura de l'alçada que es planteja.
- **Altura:** per necessitat, a l'estar ubicada en una zona no elevada, la TVIF ha de tenir una alçada superior als quinze metres. Per tal que tingui un bon camp de visió, s'han fixat com a objectiu vint-i-cinc metres.
- **Equipament:** s'ha decidit que la TVIF disposarà de l'equipament bàsic i s'afegiran un seguit d'instal·lacions per millorar el que seria un equipament bàsic. A continuació es detalla l'equipament que portarà la TVIF:
 - Aire condicionat: amb aquest equipament es vol donar un cert confort al vigilant per tal de millorar-li les condicions de treball. S'ha de tenir en compte, que l'època de més risc d'incendis és a l'estiu i que, un habitatge exposat a la radiació solar sense climatització, pot suposar unes condicions de treball inacceptables.
 - Cabina amb WC: es tracta d'un equipament indispensable per la higiene del vigilant.
 - Estació meteorològica: mitjançant l'estació meteorològica es poden saber si les condicions són més o menys favorables de cara a l'aparició d'un incendi

forestal. La temperatura, la velocitat del vent, la humitat relativa i el registre de pluges són paràmetres de l'ambient que poden afavorir un incendi.

- Ràdio per comunicar-se amb les autoritats: el principal objectiu d'una TVIF és detectar un incendi en fase prematura i comunicar-ho el més ràpid possible per poder mitigar l'incendi. Per tant, la radio és vital pel funcionament de la torre ja que és l'element que permet comunicar-se.
 - Preses de corrent a la cabina del vigilant: aquestes es podran utilitzar per connectar petits equips electrònics com ara la radio o altres elements que el vigilant pugui necessitar.
 - Il·luminació de la cabina del vigilant: s'ha d'il·luminar la cabina per si el vigilant ha de treballar en hores que la llum solar ja comença a minvar.
 - Parallamps: equipament necessari per protegir la TVIF de les tempestes elèctriques.
 - Aliada de pínules: equipament essencial per localitzar correctament el punt de l'incendi.
- **Nivell d'automatització:** s'ha optat per construir una TVIF sense automatització. Es requerirà de la presència d'un vigilant però aquest disposarà d'equipament per tal de millorar-li les condicions de treball.

5. Normatives

En aquest apartat es mencionaran les diferents normatives que s'han tingut en compte en el desenvolupament d'aquest projecte. S'han diferenciat les normatives utilitzades pel càlcul estructural i els elements constructius de l'edificació i les normatives utilitzades pel disseny de les instal·lacions.

Normes utilitzades pel càlcul d'elements estructurals:

- Acer conformat: CTE DB SE-A (Código Técnico de la Edificación Documento Básico Seguridad Estructural – Acero)
- Acer laminat: CTE DB SE-A (Código Técnico de la Edificación Documento Básico Seguridad Estructural – Acero)
- Fonaments: Criteri de CTE DB-SE-C (Código Técnico de la Edificación Documento Básico Seguridad Estructural – Cimientos)
- Escales i baranes: CTE DB-SUA (Código Técnico de la Edificación Documento Básico Seguridad de Utilización y Accesibilidad)
- Resistència de l'estructura al foc: CTE DB-SI (Código Técnico de la Edificación Documento Básico Seguridad en caso de Incendio)
- Formigó armat: EHE-08 (Instrucción de Hormigón Estructural)
- Comprovació a sisme: NCSE-02 (Norma de Construcción Sismorresistente)

Normes utilitzades pel disseny d'instal·lacions:

- Baixa Tensió: REBT (Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión)
- Climatització: RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios)
- Parallamps: UNE 21.186 (Protección de estructuras, edificaciones y zonas abiertas mediante pararrayos con dispositivo de cebado)

6. Disseny conceptual

A continuació es realitzarà una descripció general de la TVIF per mostrar una idea general del disseny. Posteriorment, es detallaran cada una de les parts i s'explicaran les solucions adoptades.

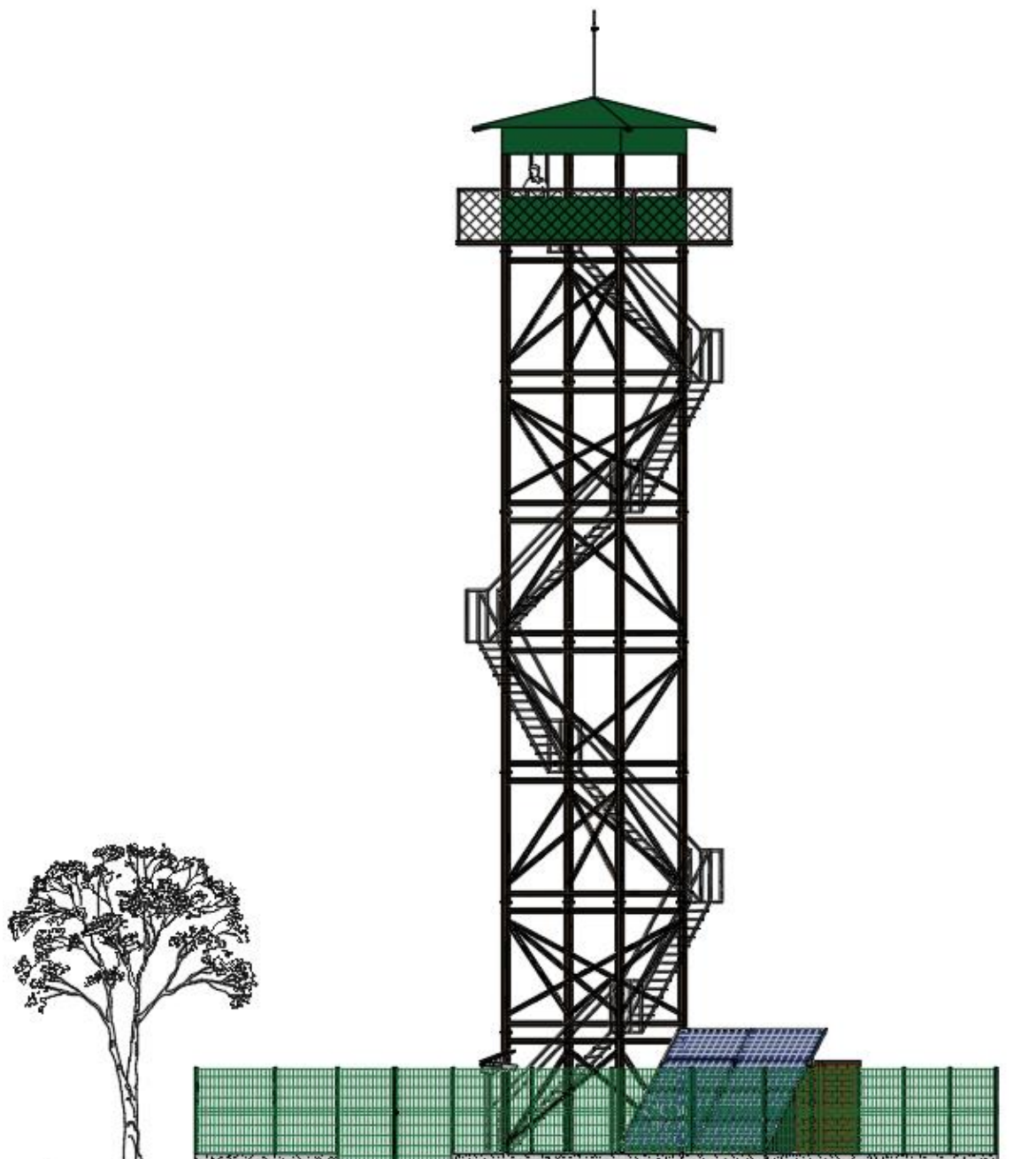


Fig. 6.1. Vista general de la TVIF.

Font: Pròpia, CYPE 3D.

L'estructura de la TVIF estarà tancada en un recinte en el qual si trobaran els fonaments de la torre, la caseta de les instal·lacions, els panells solars i el WC. Des dels fonaments arrencarà l'estructura de la TVIF i aquesta finalitzarà en la part més alta, vit i quatre metres, amb una cabina.

La cabina és l'espai on el vigilant estarà apostat controlant la zona. Per tal d'accedir a la cabina, l'estructura disposarà d'una escala per arribar a la part més alta. En la figura 6.1 es pot veure un *layout* de la TVIF on es poden apreciar tots els elements esmenats.

En general, pel que fa al disseny, s'han utilitzat colors de la naturalesa, com ara el verd i el marró, per reduir l'impacte visual de la TVIF.

6.1. Cabina

Es defineix com a cabina la part de la TVIF on el vigilant estarà apostat fent les seves tasques. Aquesta zona està col·locada a la part superior de la torre. Consisteix en un habitacle de quatre parets i una coberta que serviran per donar refugi i confort al vigilant durant les hores de servei a la TVIF.

Els tancaments verticals de l'habitable es realitzaran amb panell sandwich llis de 50 mm de transmitància tèrmica $0,36 \text{ W/m}^2\cdot\text{k}$. La làmina d'acer interior i l'exterior tindran un gruix de 0,5 mm.

A la part central del tancament vertical, es disposarà d'una vidriera perimetral d'un metre d'amplitud per garantir una visió de 365° de la zona. La vidriera disposarà de finestres abatibles i estarà formada per perfils d'acer i un vidre doble. El vidre exterior, serà de protecció solar per així reduir la radiació rebuda per la cabina.

La porta de la cabina serà també de vidre per tal de no tallar la continuïtat de la vidriera i afectar el camp de visió del vigilant. Les dimensions de la porta seran de 80 x 220 cm.

Per la coberta s'utilitzarà el mateix panell sandwich llis de 50 mm utilitzat en els tancaments verticals. El terra de l'habitable estarà format per placa metàl·lica amb acabat estriat.

La cabina disposarà d'un balcó perimetral de 80 cm d'amplitud que permetrà al vigilant sortir fora de la cabina si ho necessita. El terra d'aquest balcó serà de reixa electrosoldada amb quadrícula de 34 x 38 mm.

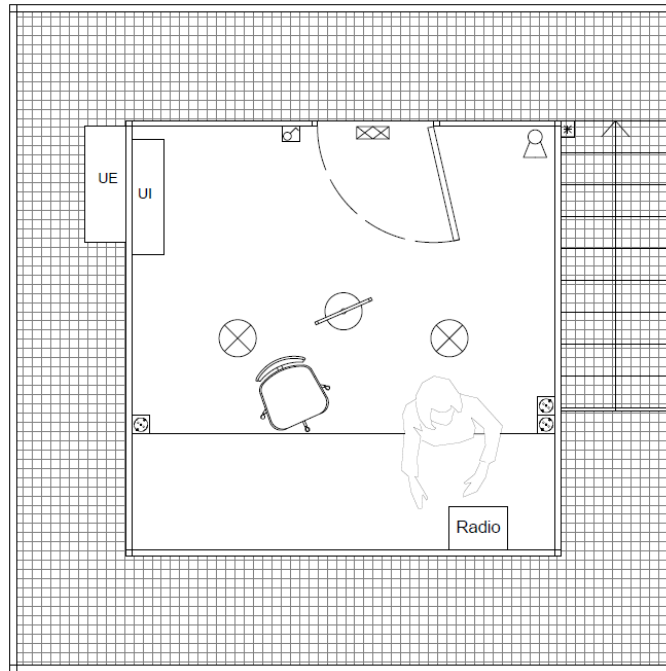


Fig. 6.2. Plànol de planta de la cabina.

Font: Pròpia

6.2. Escala

L'escala per accedir a la cabina situada a la part més alta de la TVIF, s'ha dissenyat de forma que vagi resseguint el perímetre exterior de l'estructura metàl·lica principal.

En el moment del disseny, es van valorar diferents tipus d'escala. A continuació s'enumeren i es descriuen:

- **Escala vertical:** es va plantejar utilitzar una escala d'aquest tipus ja que és la més senzilla de construir, tot i que els seus desavantatges van fer que no fos l'escollida. Una escala d'aquest tipus, encara que per llei no és obligatori, sí que hi ha normatives com la *NTP 408: Escalas fijas de Servicio*, que marquen com a obligatòria la instal·lació d'una línia de vida. Tenint en compte que la seguretat dels treballadors és primordial, la instal·lació de la línia de vida seria necessària en aquest tipus d'escala. Al tenir més de nou metres, també seria necessari que incorporés descansos cada nou metres. Per tant, tot i que constructivament és més senzilla, els riscos que comporta pel treballador, tot i utilitzar la línia de vida, aquesta escala es va descartar.
- **Escala de cargol interior:** aquest tipus d'escala seria una escala convencional de graons que aniria pujant per l'interior de la TVIF. Aquest tipus d'escala es va descartar, ja que al calcular l'estructura, l'espai interior necessari per col·locar diagonals farien

impossible el pas de la gent.

- **Escala exterior perimetral:** aquest tipus d'escala aniria pujant resseguint el perímetre de la TVIF per l'exterior. S'ha escollit aquest tipus ja que és més segura que l'escala vertical.

L'escala estarà formada per set trams d'esglaons i sis replans entremitjos. Cada tram salvarà una alçada de tres metres, d'aquesta forma amb els set trams s'aconsegueix arribar als 21 m de la base de l'habitable.

Al tractar-se d'una escala que es pot considerar d'ús restringit, l'amplada de la mateixa serà de 80 cm, la petja de 22 cm i la contrapetja de 20 cm. D'aquesta manera, cada tram tindrà 15 graons i la seva projecció horitzontal serà de 3,3 m.

L'escala disposarà d'un passamans de 1,1 m d'alçada per tal de protegir als usuaris respecte a les caigudes a diferent nivell.

Els descansos de l'escala, coincideixen amb les arestes del quadrat que forma l'estructura principal de la TVIF i la seva dimensió serà de 80 x 80 cm. El terra dels replans serà de reixa electrosoldada amb quadrícula de 34 x 38 mm

L'estructura que suportarà l'escala estarà formada per perfils metàl·lics tubulars conformats en fred, i els graons seran de reixa electrosoldada amb quadrícula de 34 x 38 mm. L'estructura de l'escala, no s'ha calculat, queda fora de l'abast del projecte.

6.3. Estructura metàl·lica

Per tal d'arribar a l'estructura definitiva de la TVIF, s'han hagut de fer molts dissenys diferents per anar veient quina era l'estructura més òptima per suportar les càrregues establertes.

Primer de tot, s'ha decidit que l'estructura serà de tipus gelosia, ja que és el tipus d'estructura més òptim a l'hora de fer una torre. També s'ha tingut en compte que totes les TVIF metàl·liques que s'han analitzat en l'estat de l'art estan construïdes amb aquest tipus d'estructura.

A l'hora del disseny, s'ha tingut en compte la facilitat constructiva de l'estructura. S'ha dissenyat l'estructura de forma modular de tal manera que està formada per cubs de tres metres. Aquests mòduls poden venir amb els perfils soldats de taller i només s'han d'unir entre ells amb unions cargolades.

Al dissenyar-se de forma modular, aquesta estructura podria utilitzar-se per construir TVIF de diferents altures múltiples de tres. Per construir una de menys altura no faria falta cap

comprovació, però si es volgués ampliar la TVIF i fer-la més alta, sí que s'hauria de validar que l'estructura seguís essent vàlida.

Després de provar diferents dissenys, s'ha obtingut un disseny amb diagonals a les cares exteriors de la torre, alternant-se la direcció a cada pis. En alguns pisos, per necessitat estructural, s'ha hagut de posar una creu interior. En la figura 6.3. es pot observar l'estructura, diagonals de les cares (vermell), diagonals interiors (blau), pilars (negre) i cordons (verd).

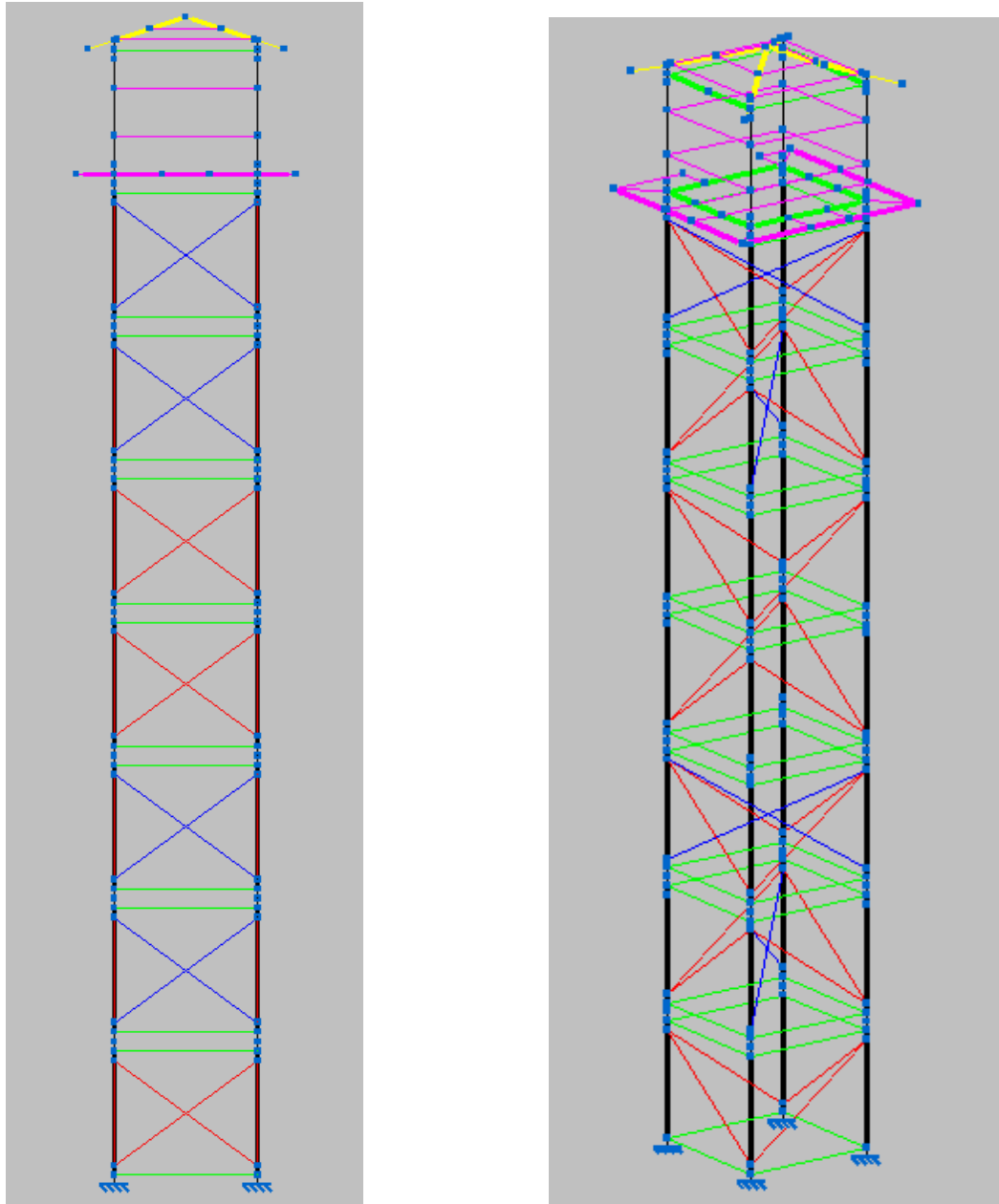


Fig. 6.3. Esquema de l'estructura de la TVIF realitzat amb el programa CYPE.

Font: Pròpia, CYPE 3D.

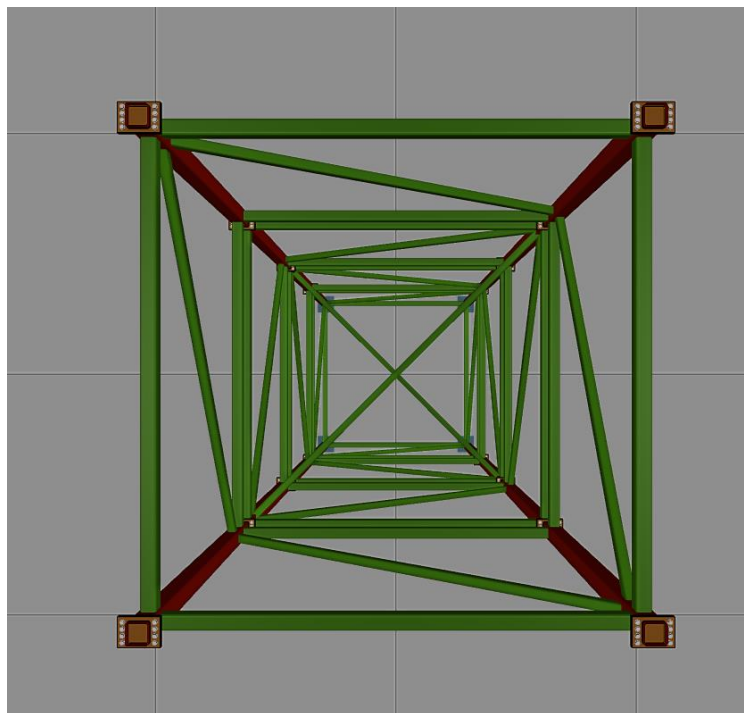


Fig. 6.4. Esquema de l'estructura de la TVIF realitzat amb el programa CYPE.

Font: Pròpia, CYPE 3D.

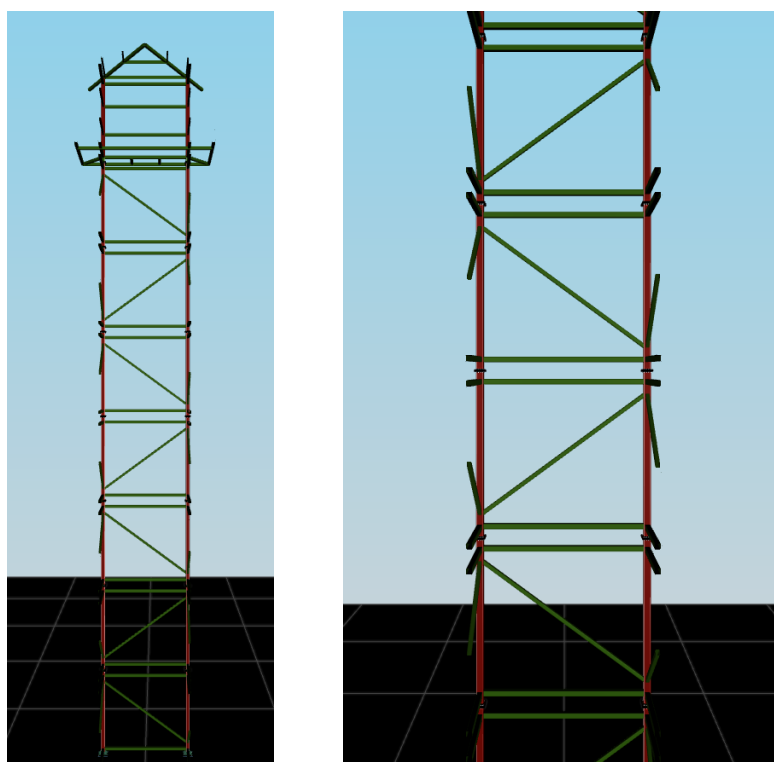


Fig. 6.5. Esquema de l'estructura de la TVIF realitzat amb el programa CYPE.

Font: Pròpia, CYPE 3D

6.4. Perfils metàl·lics

Pel disseny de l'estructura de la TVIF, s'ha pensat en dos tipus de perfils: perfils tubulars d'acer conformat en fred i perfils oberts d'acer conformat en calent, en concret angulars. Estudiant les dues opcions, s'ha decidit utilitzar perfils tubulars que semblen ser adients per el tipus d'estructura a dissenyar.

A continuació es detalla un llistat dels avantatges i desavantatges d'aquests perfils.

Avantatges:

- Permet introduir elements més llargs en les estructures y menys seccions (menor nombre d'unions)
- Es pot omplir el seu interior amb formigó.
- Permeten eliminar rigiditzadors i cartel·les.
- Més fàcils de mantenir.
- Permeten alleugerir el pes de l'estructura.
- Solucions estructurals més rentables.
- Terminis de construcció més reduïts.

Inconvenients:

- Gruixos més reduïts que els perfils laminats en calent.
- Forma de les seccions limitada a rodona o quadrada.
- Poden tenir anisotropia y esforços residuals degut al procés de conformat.

Finalment, el disseny s'ha fet amb perfils tubulars quadrats que ofereixen, a causa de la seva forma tancada i baix pes, un millor comportament als esforços de torsió i resistència al vinclament. Aquest tipus de perfil també ofereix facilitat de muntatge, ja que permet la realització d'unions per simples soldadures.



Fig. 6.6. Perfils tubulars estàndards.

Font: www.almacendehierros.com

Per tal d'optimitzar l'estructura, s'utilitzaran diferents perfils dins de la gamma de perfils tubulars quadrats per a cada tipus d'element de l'estructura. Els elements de l'estructura es separen en tres grups:

- Pilars.
- Diagonals, tant les diagonals de les cares com les diagonals interiors.
- Cordons.

Així doncs, els elements que formin part d'aquests grups disposaran tots de la mateixa secció. De cara a facilitar les unions entre els diferents perfils, s'ha posat com a condició que el gruix de les diferents seccions sigui igual.

Els perfils tubulars que es seleccionin, hauran de tenir un acabat superficial resistent a la corrosió, ja que es tracta d'una estructura exposada a la intempèrie. Pel que fa a la corrosió, els perfils tubulars, de per si, ja presenten avantatges respecte a altres tipus de perfils. Tenen cantells arrodonits que són millors per la protecció contra la corrosió i tenen menys superfície a protegir que un perfil obert, sobretot si la part interior del tub està segellada. El tractament superficial més habitual és el galvanitzat i és el que s'utilitzarà en aquesta estructura.

6.5. Unions

L'objectiu principal de les unions és assegurar la millor continuïtat de les peces, la qual serà més perfecte com més uniforme sigui la transmissió dels esforços.

En aquesta estructura s'utilitzaran tant unions cargolades com unions soldades. Les unions soldades es realitzaran a taller i els diferents mòduls s'uniran a l'obra mitjançant unions cargolades.

6.5.1. Unions cargolades

Les unions cargolades es realitzen mitjançant cargols, femelles i volanderes i plaques d'acer que hauran d'estar normalitzats y correspondre al mateix grau del material que estan unint o superior.

6.5.2. Unions soldades

Es pot realitzar una unió per soldadura sempre que es pugui garantir la continuïtat metàl·lica de la unió, i que aquesta sigui capaç de suportar els esforços que té aplicats.

Els elèctrodes, material d'aportació de la soldadura, hauran de tenir característiques mecàniques iguals o superiors a les corresponents al material dels perfils a unir.

El mètode de soldadura que s'utilitza principalment en les estructures metàl·liques és la soldadura per arc elèctric. Els procediments de soldadura per arc es poden agrupar en tres:

- Amb elèctrodes de carboni.
- Amb elèctrodes de tungstè en atmosfera d'hidrogen.
- Soldadura amb elèctrode metàl·lic.

6.6. Fonaments

Als fonaments el que es busca és transmetre els esforços de l'estructura al terreny sense arribar a superar la tensió admissible d'aquest. Si es superés, es generarien assentaments excessius que podrien afectar la funcionalitat de l'estructura.

Les dues opcions de disseny que s'han contemplat són els fonaments superficials i els profunds. A continuació, es detallen els dos tipus:

Fonaments superficials: Una fonamentació es considera superficial quan té entre 0,50 i 4 metres de profunditat. En aquest tipus de fonaments, les reaccions del terreny són la normal i el fregament horitzontal. Aquestes dues forces són les que han de suportar l'estructura. Acostumen a ser de grans dimensions per tal d'augmentar la superfície de terreny a repartir els esforços. Dins dels fonaments superficials n'hi ha de molts tipus, es poden destacar les sabates aïllades o les lloses contínues.



Fig. 6.7. Representació de fonament de llosa contínua

Font: www.wikipedia.com

Fonaments profunds: Una fonamentació es considera profunda quan té més de 4 metres de profunditat. La fonamentació profunda són elements esvelts de formigó armat, anomenats pilots, que s'introdueixen en el terreny i que basen el seu funcionament en suportar els esforços de l'estructura a través del fregament vertical que es genera amb el terreny.

Amb la profunditat s'aconsegueix ampliar l'àrea de contacte amb el terreny i arribar fins a capes de terreny més resistents. S'utilitzen quan la fonamentació superficial no és suficient ja que al tenir que fer perforacions profundes són més costosos.

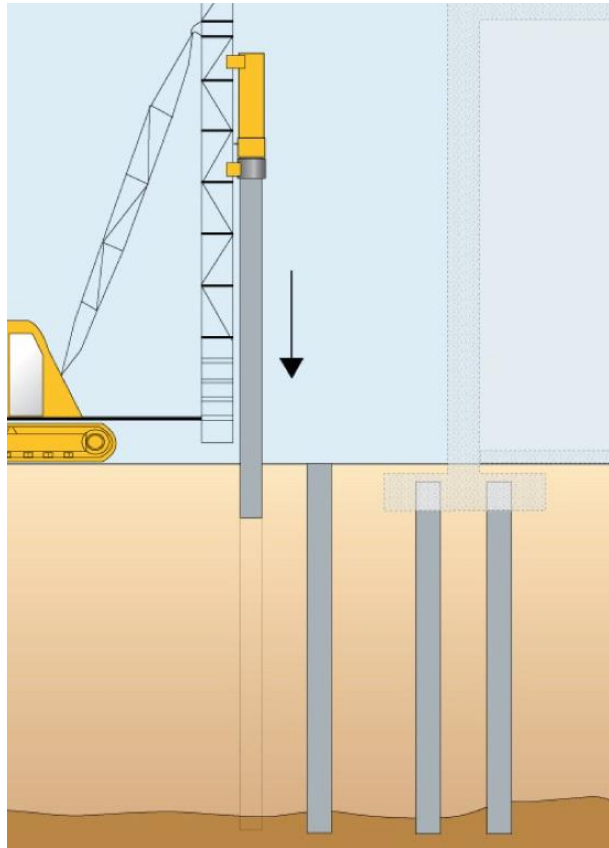


Fig. 6.8. Representació de la col·locació de pilots.

Font: www.keller.com

És essencial conèixer les característiques del terreny per decidir quins fonaments s'utilitzen. Per tant, el primer que s'hauria de fer, és un estudi sobre la qualitat del terreny on anirà la TVIF. Com aquest estudi queda fora de l'abast del projecte, se suposa que el terreny té una tensió admissible elevada, i per tant, es poden utilitzar fonaments superficials.

En un principi, es fa el disseny amb sabates aïllades i riostes. Si les dimensions de les sabates acabessin essent molt grans, o simplement per càlcul, s'acabessin solapant unes amb les altres, s'optaria per unificar les sabates en una llosa contínua. A la figura 6.9. es pot veure el predimensionament que s'ha fet anterior al càlcul.

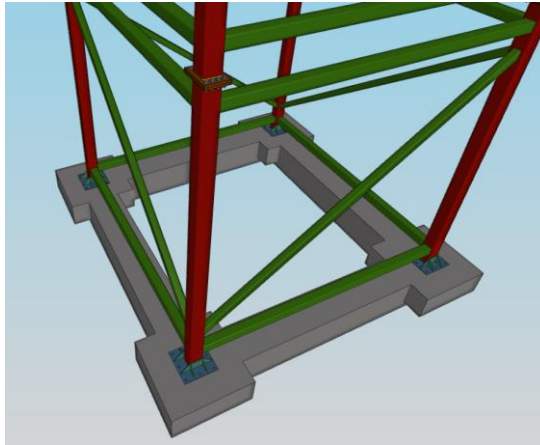


Fig. 6.9. Predimensionament dels fonaments.

Font: Pròpia, CYPE 3D

La unió de l'estructura amb els fonaments es realitzarà a través d'una placa d'ancoratge que va unida a la sabata amb perns que queden embeguts dintre el formigó, i que un cop s'endureix el formigó, treballen per adherència.

S'utilitza una placa d'acer per repartir els esforços que arriben de la secció del pilar metàl·lic al formigó. El pilar té una secció molt petita, i per tant, esforços grans que el formigó no podria resistir. Repartint els esforços a través de la placa, s'aconsegueix que el formigó suporti els esforços.

La unió amb el pilar s'ha estipulat encastada, per tant, l'arrencada dels pilars hauran de ser prou rígides per transmetre moments. L'altre opció contemplada ha sigut la unió articulada però s'ha descartat ja que augmentava excessivament la secció de les barres.

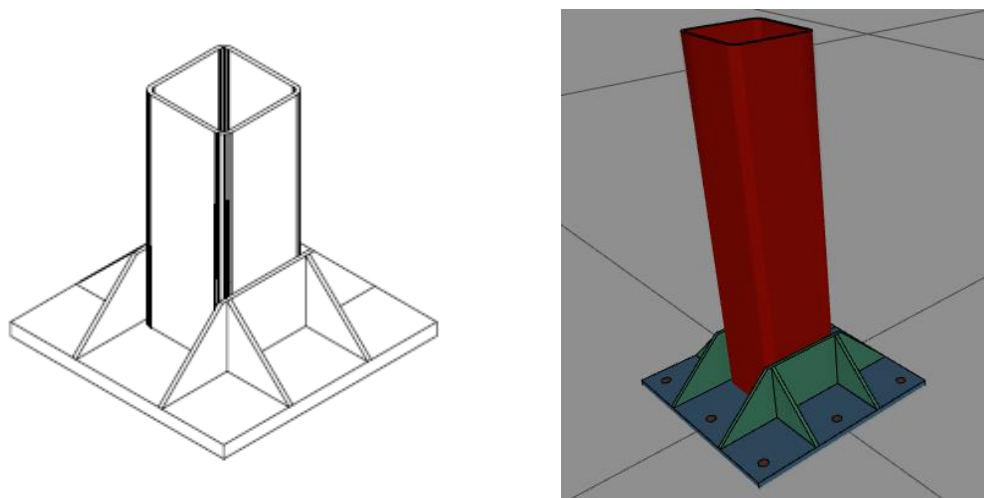


Fig. 6.10. Arrancada de pilars amb unions rígides.

Font: Pròpia, CYPE 3D

6.7. Instal·lacions

6.7.1. Instal·lació de baixa tensió

L'objectiu del següent apartat és definir les parts que componen la instal·lació elèctrica de Baixa Tensió de la TVIF. Aquest apartat estableix i justifica les condicions tècniques d'execució de la instal·lació elèctrica de característiques normalitzades, amb la finalitat de subministrar energia elèctrica en baixa tensió a totes les instal·lacions de la TVIF. La instal·lació s'ha dissenyat amb els criteris del Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió.

Donat que es tracta d'una edificació aïllada, no es disposa de subministrament elèctric de companyia, i per tant, es dissenya una instal·lació elèctrica d'autoconsum.

6.7.1.1. Arquitectura elèctrica

Es preveu un quadre elèctric general de baixa tensió que s'alimenti del sistema de bateries i doni servei a totes les instal·lacions que requereixin subministrament elèctric. Alhora, les bateries estaran alimentades per plaques solars fotovoltaïques.

A continuació es mostra la figura 6.11. on s'ha realitzat un càlcul per estimar l'energia que es necessita diàriament a la instal·lació. S'ha diferenciat el càlcul entre estiu i hivern.

Càrregues del sistema	Consum nominal (kW)	Consum diari estiu (h)	Consum diari hivern (h)	Consum diari estiu (kWh)	Consum diari hivern (kWh)
Aire condicionat estiu	0,450	8,000	0,000	3,600	0,000
Aire condicionat hivern	0,550	0,000	8,000	0,000	4,400
Il·luminació	0,048	0,500	1,000	0,024	0,048
Il·luminació d'emergència	0,003	24,000	24,000	0,072	0,072
Endolls sala	0,035	8,000	8,000	0,280	0,280
				3,976	4,800

Fig. 6.11. Taula de consums dels elements del sistema.

Font: Pròpia

L'aire condicionat s'ha definit que es posarà en marxa vuit hores al dia tant a l'hivern en mode calor com a l'estiu en mode fred. S'ha definit que la il·luminació a l'estiu s'utilitzarà la primera mitja hora de la jornada i a l'hivern la primera mitja hora i l'última mitja hora. El consum de la bateria de la llum d'emergència s'utilitzarà les vint-i-quatre hores del dia. Els endolls de la sala tindran connectada la ràdio que s'utilitzarà durant les hores de la jornada laboral.

A l'apartat de la generació solar fotovoltaica es calcularan les plaques solars i bateries necessàries amb les dades de la figura 6.11..

6.7.1.2. Quadre general de baixa tensió

El quadre elèctric és la part central de la instal·lació elèctrica i totes les línies passen per aquest. En aquesta instal·lació hi ha quatre línies de sortida del quadre i una d'entrada, la línia d'alimentació que prové del sistema de generació fotovoltaic. A continuació, a la figura 6.12. es mostra l'esquema unifilar del quadre amb les proteccions definides i les seccions del cablejat.

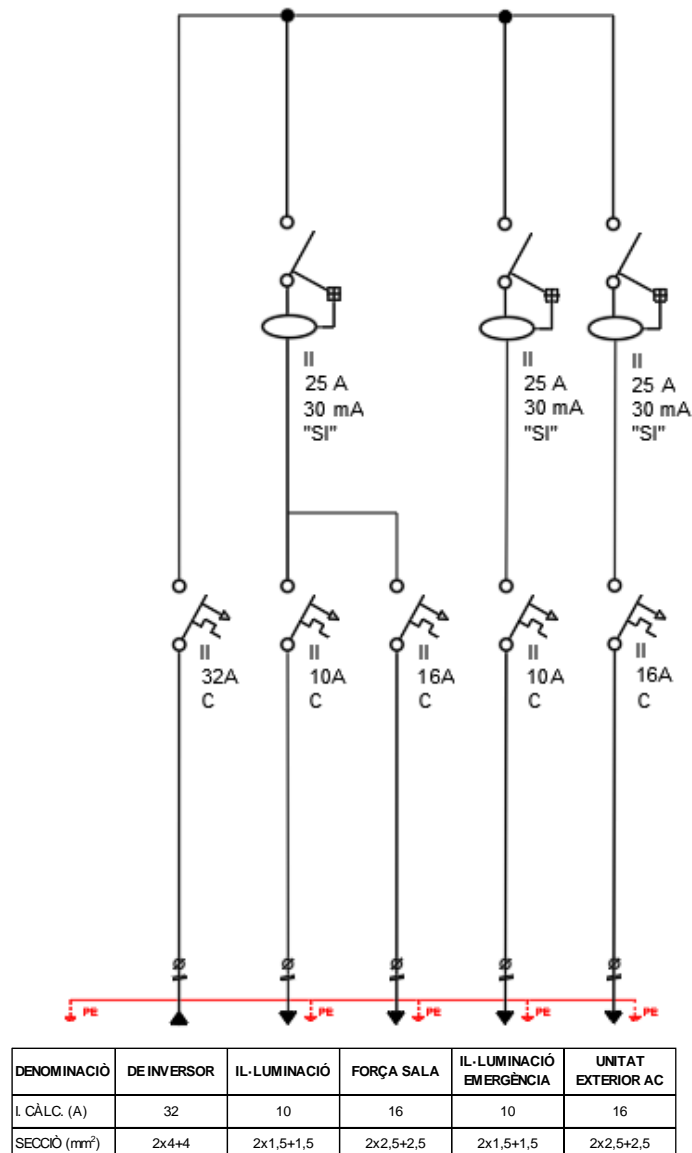


Fig. 6.12. Esquema unifilar del quadre general de baixa tensió

Font: Pròpia

S'han protegit les línies amb una protecció magnetotèrmica per protegir la instal·lació dels pics de corrent i curtcircuits, i una protecció diferencial per detectar les fugues de corrent, i així protegir a les persones contra el risc de contacte directe o indirecte.

Com a embolcall del quadre s'ha seleccionat un quadre modular de tres files amb porta plena de dimensions 630 x 555 x 157 mm. Aquest embolcall per al quadre garanteix un grau de protecció IP30. S'ha dimensionat per que sobri espai així en cas de futures instal·lacions es pot aprofitar el mateix quadre.



Fig. 6.13. Esquema unifilar del quadre general de baixa tensió.

Font: Schneider Electric

6.7.1.3. Cablejat

Per cablejar tots els elements s'utilitzarà cable de coure d'alta seguretat tipus RZ1-K (AS) 0,6/1 kv. Tot el cablejat anirà protegit per canals o per tubs de PVC.

A continuació, a la figura 6.14 es mostra una taula amb les intensitats admissibles de secció per cables tres pols que són els que s'utilitzaran (un cable per la fase, un pel neutre i l'altre pel terra).

Per seleccionar les seccions, s'ha de mirar la protecció de cada línia i seleccionar un cable que la seva intensitat admissible sigui superior a la intensitat de la protecció.

Les seccions seleccionades són la de 1,5 mm² per les línies S1 i S3 (protecció 10 A, cable 17 A), la de 2,5 mm² per les línies S2 i S4 (protecció 16 A, cable 25 A) i la de 4 mm² per la E1 (protecció 32 A, cable 34 A).

CONDUCTOR DE COBRE						
Sección Nominal	Características físicas			Características eléctricas		
	Diámetro exterior aproximado	Peso aproximado	Radio mínimo curvatura	Intensidad admisible en regimen permanente	Caída de tensión entre fases	
				Cable Al aire 40°C	Cos φ= 0,8	Cos φ=1
mm2	mm	Kg/Km	mm	A	V/A. Km.	V/A. Km.
3G1,5	10,30	140	45	17	23,609	29,374
3G2,5	11,64	190	50	25	14,205	17,624
3G4	13,21	255	55	34	8,847	10,932
3G6	14,40	370	60	44	5,926	7,288
3G10	16,45	530	70	61	3,463	4,218
3x16	18,61	740	75	82	2,222	2,672
3G16	18,61	740	75	82	2,222	2,672
3x25	21,31	1040	85	110	1,458	1,723

Fig. 6.14. Taula de característiques de cablejat tripolar.

Font: Technom

Un cop seleccionada la secció amb el criteri de no cremar el cable, es comprova que la pèrdua de tensió sigui inferior al 3 %. A la figura 6.15. es mostra una taula amb les comprovacions.

La fórmula utilitzada per calcular la caiguda de tensió és la següent:

$$\Delta V(\%) = \frac{P \cdot L \cdot 2 \cdot 100}{K \cdot S \cdot U^2}$$

On:

P = Potència (W); L = Longitud de la línia (m); U = Tensió (V); S = Secció de fase (mm²);
K = Conductivitat de Cu = 56 S*m/mm².

Línia	P (W)	U (V)	L (m)	S (mm2)	ΔV(%)
E1	6.000	230	5,00	6	0,54%
S1	48	230	40,00	1,5	0,62%
S2	1.500	230	40,00	2,5	2,16%
S3	30	230	40,00	1,5	0,59%
S4	550	230	40,00	4	0,91%

Fig. 6.15. Taula de comprovació de la caiguda de tensió.

Font: Pròpia

Per aquest càlcul s'han utilitzat els consums nominals de cada línia, excepte la S2, per comprovar que en funcionament normal no es supera el 3 % de caiguda de tensió. En la S2, els endolls de la cabina, s'ha fet la comprovació simulant que es connecta algun aparell elèctric de certa potència a un dels endolls.

6.7.1.4. Generació solar fotovoltaica

Per tal de generar l'energia que cobreixi el consum de la TVIF, s'ha decidit implementar un sistema de plaques fotovoltaiques combinat amb bateries d'emmagatzematge. S'ha decidit adquirir un kit que incorpori tots els elements necessaris per a la generació i emmagatzematge de l'energia elèctrica.



Fig. 6.16. Generació d'electricitat en instal·lació aïllada.

Font: www.bornay.com

Inicialment es va plantejar la incorporació d'un aerogenerador com el de la figura 6.16., s'ha descartat, ja que amb les plaques solars fotovoltaiques és suficient per alimentar el consum de la TVIF. Si en un futur es necessites més generació, es podria valorar.

S'ha seleccionat un kit que incorpora:

- 8 x panell solar de 340 W a 24 V policristal·lí: aquests sis panells aniran muntats sobre una estructura metàl·lica al costat de la torre. Es col·locaran al peu de la TVIF en una estructura inclinada a 40 graus per tal de rebre més radiació a l'hivern, període que s'ha vist que és el crític. Els panells estaran ubicats dintre del recinte tancat en una posició en la qual la TVIF no li pugui fer ombra i tampoc rebi cap ombra d'altres elements, això es validarà en el replanteig de la obra.

- Regulador MPPT 40 A 24 V: el regulador és l'element que s'encarrega de gestionar la càrrega de les bateries.
- Inversor + carregador + regulador MPPT 3000 W 24 Must Solar: l'inversor, és l'element que permet transformar la càrrega de 24 de les bateries als 230 V necessaris per al consum dels elements de la instal·lació.
- 12 x bateria estacionària Ultracell UZS90-2: les dotze bateries són de 2 V i 690 Ah de capacitat cadascuna i es connecten en sèrie per treballar a un voltatge de 24 V i capacitat de 690 Ah. Les bateries s'encarregaran d'emmagatzemar l'energia sobrant en dies d'alta radiació o dies sense consum, i posteriorment, poder aprofitar aquesta energia en moments en què la radiació sigui més baixa i no es pugui cobrir el consum amb les plaques. L'energia que poden acumular aquestes bateries és de 16,56 kWh.

A continuació, en la taula 6.17. es mostra el càlcul de comprovació del kit de generació solar fotovoltaica.

Mes de l'any	HSP	Generació diària (kWh)	Consum diari (kWh)	Balanç d'energia diari (kWh)	Temps de càrrega bateries (dies)	Autonomia bateries 100 % i generació 0 % (dies)	Autonomia bateries 100 % i generació 40 % (dies)
gener	2,14	5,82	4,80	1,02	16,22	3,45	6,70
febrer	3,04	8,27	4,80	3,47	4,78	3,45	11,10
març	4,27	11,61	4,80	6,81	2,43	3,45	107,37
abril	5,29	14,39	4,80	9,59	1,73	3,45	-17,33
maig	5,99	16,29	3,98	12,31	1,35	4,17	-6,52
juny	6,56	17,84	3,98	13,87	1,19	4,17	-5,24
juliol	7,03	19,12	3,98	15,15	1,09	4,17	-4,51
agost	5,93	16,13	3,98	12,15	1,36	4,17	-6,69
setembre	4,71	12,81	3,98	8,84	1,87	4,17	-14,42
octubre	3,25	8,84	3,98	4,86	3,41	4,17	37,64
novembre	2,27	6,17	4,80	1,37	12,05	3,45	7,11
desembre	1,86	5,06	4,80	0,26	63,89	3,45	5,97

Fig. 6.17. Taula de comprovació del kit solar fotovoltaic.

Font: Pròpia

Per tal de fer la comprovació, s'han buscat les dades de radiació solar de la província de Girona i s'han calculat les HSP de cada mes. En la figura 6.18. es pot veure un gràfic de la radiació diària mensual.

L'Hora Solar de Pic (HSP) és un concepte que s'utilitza per fer càlculs fotovoltaics, la HSP és la quantitat d'energia solar que rep un metre quadrat de superfície. Una HSP equival a una hora de Sol amb irradiació constant 1.000 W/m^2 . S'utilitza per estandarditzar el mercat de plaques fotovoltaïques i tots els fabricants donen la potència de les seves plaques en HSP. Per tant, les plaques seleccionades només generaran 340 W quan la irradiació sigui de 1.000 W/m^2 . Per fer el càlcul, s'ha de dividir la irradiació global diària mitja de cada mes entre mil i així s'obté la HSP mensual.

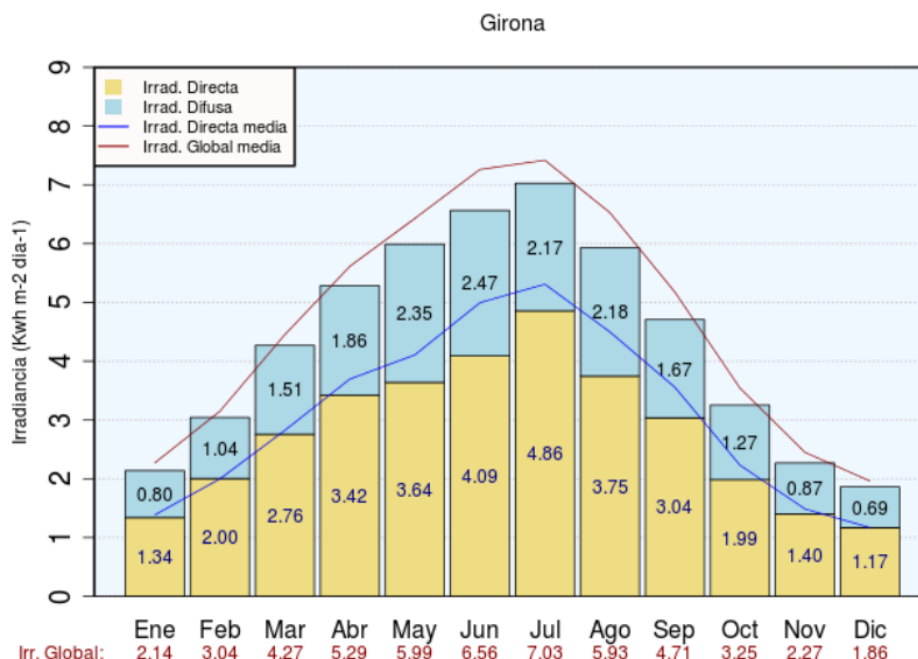


Fig. 6.18. Taula de comprovació del kit solar fotovoltaic.

Font: Atles climàtic Aemet

L'Hora Solar de Pic (HSP) és un concepte que s'utilitza per fer càlculs fotovoltaics, la HSP és la quantitat d'energia solar que rep un metre quadrat de superfície. Una HSP equival a una hora de Sol amb irradiació constant 1.000 W/m^2 . S'utilitza per estandarditzar el mercat de plaques fotovoltaïques i tots els fabricants donen la potència de les seves plaques en HSP. Per tant, les plaques seleccionades només generaran 340 W quan la irradiació sigui de 1.000 W/m^2 . Per fer el càlcul, s'ha de dividir la irradiació global diària mitja de cada mes entre mil i així s'obté la HSP mensual.

Amb la HSP, el que s'ha fet és multiplicar-la per la potència instal·lada, és a dir, $340 \text{ W} \times 8 = 2.720$, i així obtenim l'energia generada diària per les plaques. Fent un balanç amb els consums diaris que s'han determinat en l'apartat 6.7.1.1., podem veure el sobrant diari que tenim, i per tant, la capacitat de càrrega de les bateries.

Es pot observar que el mes més crític és el desembre ja que es cobreix la demanda diària, però per molt poc, i les bateries no arriben a carregar-se ja que en situació de consum nominal es necessitarien 63,89 dies per carregar-les completament.

També s'ha calculat l'autonomia de les bateries carregades en dues situacions, zero generació i generació del 40 %. La situació de zero generació simularia un fallo en les plaques, i per tant, que es perdés la generació per complet. Es pot observar que les bateries durarien entre tres i quatre dies, marge suficient per reparar les plaques.

La situació del 40 % de generació simula un dia de boira, ja que un dia de boira és la condició meteorològica més desfavorable per les plaques. En aquesta situació es pot veure que, en els mesos de més generació es seguirien carregant les bateries, ja que l'autonomia surt negativa, i durant els mesos de menys generació, surt una autonomia d'entre sis i onze dies, temps suficient per superar un episodi de boires.

Fetes totes les comprovacions i veient que l'autonomia de les bateries és suficient per superar dies de baixa generació, es dona per bo el kit de generació solar fotovoltaica. Als plànols, s'ha dibuixat un esquema de la connexió entre els elements del kit així com el cablejat que s'ha d'utilitzar en la connexió entre cada un d'ells.

6.7.1.5. Mecanismes i il·luminació

En la cabina es col·locaran tres endolls per donar servei al vigilant. Un d'ells estarà ocupat permanentment per la radio i els altres dos estaran lliures per donar-li el us que es cregui convenient. Per exemple connectar un carregador de mòbil. Aquests endolls aniran connectats a traves de la línia S3 de la instal·lació.

La cabina estarà dotada de dos lluminàries de tipus *downlight* empotrades en el sostre. Aquestes estaran comandades per un interruptor col·locat al costat de la porta d'entrada. S'ha decidit que siguin lluminàries amb tecnologia LED per tal de reduir-ne el consum al màxim. Aquestes lluminàries aniran connectades amb la línia S1 de la instal·lació.

Per normativa s'ha de col·locar una llum d'emergència a sobre de la porta de sortida de l'habitable. La llum d'emergència és la línia S3 de la instal·lació.

A part de les lluminàries que necessiten consum, la TVIF disposarà de il·luminació solar. A la base de la TVIF s'instal·larà una farola solar per tal de donar llum al solar. Aquesta funcionarà amb una placa fotovoltaica i un sensor volumètric per tal d'engegar-se només amb la presència de gent. També a l'escala es col·locaran petites lluminàries solars amb sensor volumètric.



Fig. 6.19. Exemples de llums solars.

Font: www.mercasolar.com

En el pressupost i els plànols es detalla el model i marca escollits de mecanismes i lluminàries, així com les seves característiques tècniques.

6.7.1.6. Parallamps

La instal·lació disposarà d'un parallamps per tal de protegir-se de les tempestes elèctriques. A l'estar aïllada, no es troba sota la protecció de cap altre parallamps, i per tant, la instal·lació té risc de sofrir una sobreintensitat deguda a un llamp.

Per protegir aquest risc, s'instal·la un parallamps Ingesco PDC que ha de tenir les següents indicacions per tal de complir amb la normativa:

- La punta del parallamps ha d'estar situada, com a mínim, dos metres per sobre del punt més alt de la TVIF.
- El parallamps ha de connectar-se a una presa de terra mitjançant un o més cables conductors que baixaran, sempre que sigui possible, per l'exterior de la construcció amb la trajectòria més curta i rectilínia possible.



Fig. 6.20. Parallamps Ingesco PDC.

Font: www.ingesco.com

6.7.2. Instal·lació d'aire condicionat

Per tal de millorar el confort del vigilant, s'ha decidit introduir en l'equipament de la TVIF un aire condicionat. Ja que el risc més gran d'incendi forestal, i per tant, quan les TVIF estan més ocupades, és durant les èpoques de més calor. Aquest fet genera que el confort del vigilant no sigui l'òptim.

S'ha seleccionat un equip d'aire condicionat autònom de bomba de calor *inverter* perquè són els equips més eficients. Es muntarà un equip de tipus Split ja que són els que permeten una potència més baixa. La sala a climatitzar és una sala de 9 m², i per fer un dimensionat ràpid, s'ha utilitzat un valor tabulat de 175 W/m² (valor per habitacles amb exposició directa al sol i amb finestres) per tal de calcular la potència necessària. Amb aquest valor tabulat s'obté una potència de 1.575 W en fred.

L'equip de menys potència que fabriquen la majoria de fabricants és de 2,5 kW. No és un problema que l'equip s'excedeixi de potència ja que es podrà regular per temperatura i velocitat de l'aire. Que tingui més potència de la necessària afavoreix la vida útil de l'equip, ja que no haurà de treballar pràcticament mai al màxim.

L'equip d'aire condicionat seleccionat és un Mitsubishi Electric MSZ-BT20VGK de 2,5 kW de potència en fred i 2 kW en calor. Essent els rangs de funcionament 0,7 – 3,2 kW en calor i 0,5 – 2,9 kW en fred. El valor obtingut de disseny de 1,58 kW en fred queda inclòs en el rang de funcionament.

Es tracta d'un equip amb classificació A+++ , característica que ens interessa ja que és una instal·lació que s'ha de generar l'electricitat i volem tenir el mínim consum possible. El consum elèctric nominal en fred és de 0,45 kW i en calor 0,55 kW. En la figura 6.22. es poden veure les especificacions de l'equip.

La unitat exterior es col·locarà al balcó de la cabina arribant a la mateixa paret on anirà col·locada la unitat interior. La connexió frigorífica entre els dos equips serà mitjançant canonada de coure de 6,35 / 9,52 mm de diàmetre. Els tubs frigorífics aniran aïllats amb espuma elastomèrica de 15 mm de gruix i recobriment d'alumini per tal de complir amb els mínims establerts pel RITE. La interconnexió entre els dos equips es realitzarà mitjançant cable de 3x2,5 mm².



Fig. 6.21. Unitat interior MUZ-BT20VG.

Font: www.mitsubishielectric.es

Model			MSZ-BT20VGK
Unitat exterior			MSZ-BT20VGK
Unitat interior			MUZ-BT20VG
Capacitat	Fred Nominal (Mín.- Màx.)	kW	2,0 (0,5-2,9)
	Calor Nominal (Mín.-Màx.)	kW	2,5 (0,7-3,2)
	kCal/h (fred)	kCal/h	1.720
	kCal/h (calor)	kCal/h	2.150
Consum Nominal	Fred	kW	0,45
	Calor	kW	0,55
Coeficient energètic	SCOP (Etiqueta) Zona climàtica càlida		5,3 (A+++)
Unitat interior	Caudals d'aire	m³/min	4,2 / 5,2 / 6,8 / 8,7 / 10,9
	Potencia sonora	dB(A)	57
	Dimensions	mm	280 x 838 x 235
	Massa	kg	9
Unitat exterior	Caudal d'aire	m³/min	30,3
	Potència sonora	dB(A)	63
	Dimensions	mm	538 x 699 x 249
	Massa	kg	23
	Refrigerant R32	Pre-carga kg	0,45
		PCA	675
		TCO ₂ eq	0,3
Tensió/Fases – Intensitat Màxima		V/F – A	230/1 – 5,6
Diàmetre canonades líquid/gas		mm	6,35 / 9,52
Rang de funcionament	Tª exterior per refrigeració	°C	-10 ~ +46
	Tª exterior para calefacció	°C	-15 ~ +24

Fig. 6.22. Taula de característiques de l'equip d'aire condicionat.

Font: www.mitsubishielectric.es

6.7.3. Emissora de ràdio

L'emissora de ràdio és l'element que utilitza el vigilant per comunicar-se amb les autoritats en cas de detectar un incendi forestal i així activar el protocol corresponent. L'emissora de ràdio es capaç de rebre i enviar senyals de veu.

S'ha seleccionat per a la TVIF la radio Xiegu G1M Transceptor de HF SDR amb les següents característiques de recepció i transmissió:

- Rang de recepció: 0,5 : 30 MHz
- Rang de transmissió: 3,5 : 4,0 MHz / 7,0 : 7,3 MHz / 14,0 : 14,35 MHz / 21,0 : 21,45 MHz



Fig. 6.23. Emissora de radio XIEGU.

Font: www.amazon.com

6.7.4. Estació meteorològica

Al balcó de la cabina es col·locarà una estació meteorològica per recollir dades que puguin ajudar a la predicció d'incendis forestals.

S'ha seleccionat l'estació meteorològica ISS Davis Vantage VUE que incorpora pluviòmetre, termo-higròmetre, penell i anemòmetre. Tots els elements venen en una sola peça compacte i resistent a la intempèrie.

L'estació és autònoma ja que porta una petita placa solar fotovoltaica que permet alimentar els sensors.



Fig. 6.24. Estació meteorològica.

Font: www.termomed.net

6.7.5. WC

Pel que fa al WC, s'ha decidit instal·lar una cabina sanitària WC. Al tractar-se d'una instal·lació aïllada que no té accés a clavegueram públic, la millor opció és col·locar una cabina a la part inferior de la TVIF i contractar-ne el buidatge, neteja i manteniment. Concretament estarà ubicada al costat d'una de les parets de la caseta de les instal·lacions.

Inicialment es va valorar la opció de instal·lar un lavabo en sec i que elimines autònomament els residus però es va acabar descartant per ser una tecnologia poc desarrelada.

Per reduir els costos, si es dones el cas que durant algun període de l'any no es treballa a la TVIF, es podria aturar temporalment el contracte del servei de buidatge i neteja de la cabina.

En el pressupost s'ha contemplat un més del lloguer del WC, a partir del segon mes els gestos ja correrien a càrrec del propietari de la TVIF.



Fig. 6.25. Cabina sanitària KLYN CONSTRU.

Font: www.toitoe.es

6.8. Recinte perimetral

Per tal de protegir la TVIF, es construirà un recinte al seu voltant. Els objectius de fer un recinte són els següents: evitar els actes vandàlics, evitar desperfectes ocasionats per animals, evitar que personal no autoritzat pugi a la TVIF i evitar els robatoris de les instal·lacions.

El recinte es construirà amb una balla de malla electrosoldada amb un muret de formigó com el de la figura 6.25. El recinte tindrà unes dimensions de 15x11 m i disposarà d'una porta doble també de malla electrosoldada de 1,5 m per fulla. L'altura del ballat serà de 2,2 m, essent 0,2 m l'altura del muret i 2 m la de la malla electrosoldada.



Fig. 6.26. Exemple de balla amb malla electrosoldada.

Font: www.archiproducts.com

6.9. Caseta elements elèctrics

Dins del recinte, es construirà una caseta d'obra on s'ubicarà el quadre elèctric i tots els elements auxiliars del sistema de generació solar.

Aquesta caseta estarà ubicada el màxim a prop dels panells solars i la TVIF per tal de facilitar el cablejat de tots els elements i evitar distàncies innecessàries. La caseta tindrà unes dimensions de 2 x 2 m i una altura de 2,2 m. La distribució dels elements a col·locar a la caseta ve detallada als plànols.

La caseta es construirà amb murs d'obra de totxana Clincker de 28 x 13,5 x 5 cm i una coberta impermeabilitzada. El paviment serà una solera de formigó de 20 cm que cobrirà tota la zona entre la caseta i l'estructura dels panells solars. La caseta tindrà una porta metàl·lica d'accés de 80 cm de pas i 210 cm d'altura.

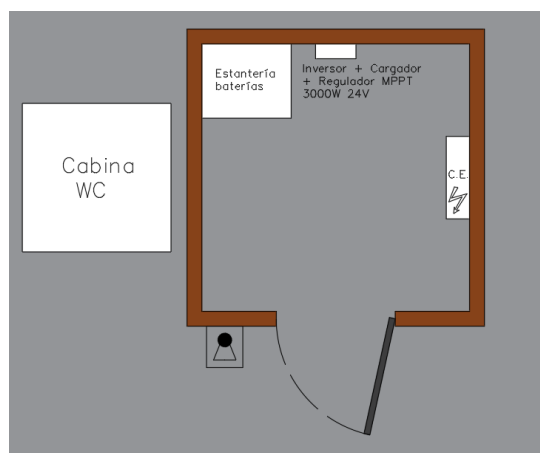


Fig. 6.27. Plànol de planta de la caseta.

Font: Pròpia

6.10. Protecció contra incendis

En aquest projecte s'han valorat tant les proteccions passives com les actives. Pel que fa a les passives, en el càlcul de la estructura s'ha fixat com a sol·licitació que l'estructura sigui R30, i si es necessari s'utilitzarà pintura intumescent per aconseguir-ho. Per les característiques de la instal·lació, no hi ha prou metres construïts, no es necessari sectoritzar.

Com a protecció activa s'instal·laran dos extintors d'incendis. Un d'ells, de pols ABC, anirà col·locat en la cabina del vigilant i l'altre, de CO₂ per no malmetre els elements elèctrics, es col·locarà a l'exterior de la caseta, al costat de la porta amb un armari de protecció.

7. Càlcul estructural

El càlcul estructural d'aquest treball s'ha realitzat mitjançant el programari CYPE 3D. A través d'aquest programa, s'han calculat tots els elements de l'estructura: fonaments, barres, unions.

S'ha decidit utilitzar aquest programa perquè és un programa de renom al món de la construcció i fins a la realització d'aquest projecte no l'havia utilitzat. És una bona oportunitat per aprendre a utilitzar-lo.

CYPE 3D és un programa àgil i eficaç pensat per realitzar el càlcul d'estructures en tres dimensions de barres de formigó, d'acer, mixtes de formigó i acer, d'alumini, de fusta, o de qualsevol material, inclòs el dimensionament d'unions (soldades i cargolades de perfils d'acer laminat i armat en doble T i perfils tubulars) i el de la seva fonamentació amb plaques d'ancoratge, sabates i encepats.

Les barres de fusta, d'acer o d'alumini, i els pilars i les bigues de formigó armat, poden ser dimensionades pel programa. Els pilars mixts de formigó i acer poden ser comprovats pel programa.

També permet la discretització d'estructures mitjançant làmines (elements plans bidimensionals de gruix constant amb perímetre definit per un polígon) per calcular els seus esforços i tensions.

Realitza el càlcul, dimensionament i comprovació de la resistència al foc de perfils de fusta, la comprovació de la resistència al foc i el dimensionament del revestiment de protecció per als perfils d'acer. També efectua l'anàlisi a sisme de l'estructura. Amb vent i sisme considera els efectes de 2n ordre (P-delta).

El programa realitza totes les comprovacions necessàries en funció de la normativa que se li indiqui. En el cas de la TVIF, s'ha marcat la normativa vigent a Espanya (el programa permet seleccionar per països) com a normativa a tenir en compte i base del càlcul. D'aquesta forma, la normativa bàsica que utilitzarà el programa és el Codi Tècnic de l'Edificació.

7.1. Hipòtesis de càrrega

El programa genera automàticament el pes propi de les barres que formen l'estructura que s'ajuntaran en una hipòtesi de pes mort. El programa permet afegir el número d'hipòtesis que siguin necessàries segons el cas.

Un cop s'introdueixen les hipòtesis, el programa genera totes les hipòtesis combinatòries, tant en el cas de comprovacions d'estat límit últim en el qual s'apliquen diferents coeficients segons

el tipus de càrrega, com les hipòtesis d'estat límit últim de servei que no porten coeficients.

En el cas de la TVIF es tenen les següents càrregues:

- Pes propi.
- Càrrega morta de l'habitable.
- Càrrega morta de l'escala.
- Sobrecàrrega d'ús de l'habitable.
- Hipòtesis de vent 1.
- Hipòtesis de vent 2.
- Càrrega de neu .
- Sisme X.
- Sisme Y.

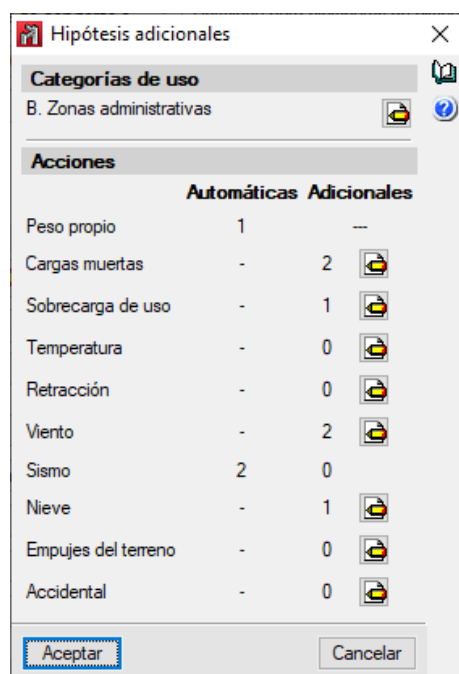


Fig. 7.1. Quadre d'hipòtesis de càrrega

Font: Pròpia, CYPE 3D

Pel que fa a les càrregues de vent, s'han reduït a dos ja que l'estructura és doblement simètrica. La hipòtesi de vent 1 és la que el vent bufa perpendicular a una de les cares de la TVIF i la hipòtesi de vent 2 és la que el vent bufa obliqua a les cares de la TVIF. És important remarcar que les hipòtesis de vent no són combinables entre elles, ja que no és possible que el vent bufi en dues direccions a l'hora.

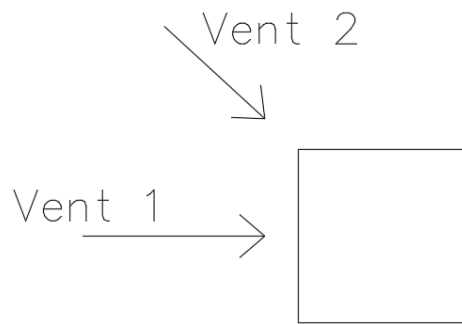


Fig. 7.2. Esquema de les dos hipòtesis de vent.

Font: Pròpia

Tot i que la resistència al foc de l'estructura no és una hipòtesi en si, s'ha de tenir en compte a l'hora de calcular l'estructura. Per tant, s'ha fixat com a condició que l'estructura sigui R30, és a dir, que pugui suportar un incendi durant 30 minuts sense col·lapsar.

El programa ofereix solucions de cara a protegir l'estructura respecte al foc. A l'hora de definir l'estructura, es pot indicar el mètode a utilitzar. A la TVIF, s'ha posat com a mètode utilitzar pintura intumescent en cas de que l'estructura per si sola no complís amb el R30.

A continuació, es detallen totes les càrregues que s'han aplicat a l'estructura.

7.1.1. Pes propi

Per aquesta càrrega no s'ha hagut de fer res, ja que el programa la genera automàticament a l'introduir les barres. La càrrega del pes propi s'aplica en la direcció vertical cap a baix.

En general, el pes propi és irrellevant a l'estructura metàl·lica, ja que es tracta d'una estructura lleugera. Normalment no es té en compte, però ja que el programa la introdueix automàticament, sí que s'utilitzarà.

7.1.2. Càrregues mortes

Una càrrega morta es diferencia d'una sobrecàrrega d'ús, amb els coeficients a l'hora de fer les combinatòries. Una càrrega morta és una càrrega que no varia mai, i per tant, se li dona coeficient 1. Per altra banda, a la sobrecàrrega d'ús se li dona un coeficient d'1,5, ja que és una càrrega variable.

En la TVIF s'han considerat dues càrregues mortes, el pes de la cabina del vigilant i l'escala d'accés. El programa no les té en compte en el pes propi i són càrregues considerables que sí que s'han de considerar.

Per aplicar el pes de l'escala, s'ha aplicat com a força puntual en els nodes d'unió de l'escala amb l'estructura principal i s'ha considerat que la massa de l'escala és de 100 kg per pis.

Per aplicar el pes de la cabina, s'han generat uns elements auxiliars de superfície que permeten aplicar una càrrega i la reparteixen simulant la funció estructural que faria una paret o una coberta. Tenint en compte que tota la cabina està feta amb panell sandwich, s'ha aplicat una massa de 20 kg/m² en totes les superfícies de la cabina. Aquest pes ja té en compte tots els elements constructius auxiliars necessaris per construir la cabina.

7.1.3. Sobrecàrrega d'ús

Al tractar-se d'un lloc de treball molt similar, pel que fa a càrregues, al que podria ser una oficina, s'ha considerat ús administratiu, i per tant, la sobrecàrrega d'ús a aplicar és de 2 kN/m². De la mateixa manera que amb la càrrega morta de la cabina, aquesta càrrega s'ha aplicat al terra de la cabina.

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m ²]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 (1)
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente (2)			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación (3)	G1	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1(4)	2
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

Fig. 7.3. Valors de sobrecàrrega d'ús segons la categoria d'ús.

Font: CTE

7.1.4. Vent

El programa CYPE té un generador de càrregues climàtiques que pot generar les càrregues de vent. El problema és que aquest assistent només es pot utilitzar en estructures porticades. En el cas de l'estructura de la TVIF, no és possible generar les càrregues de vent automàticament.

A continuació es detalla el càlcul de les hipòtesis de vent que s'ha fet.

$$q_{p} = q_b \cdot c_e \cdot c_{x,p} = 0,52 \cdot 2,9 \cdot 0,80 = 0,998 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{s} = q_b \cdot c_e \cdot c_{x,s} = 0,52 \cdot 2,9 \cdot -0,50 = 0,524 \text{ kN/m}^2$$

La pressió dinàmica del vent considerada és de 0,52 kN/m², ja que Catalunya es troba en la zona climàtica C a la qual correspon aquest valor.

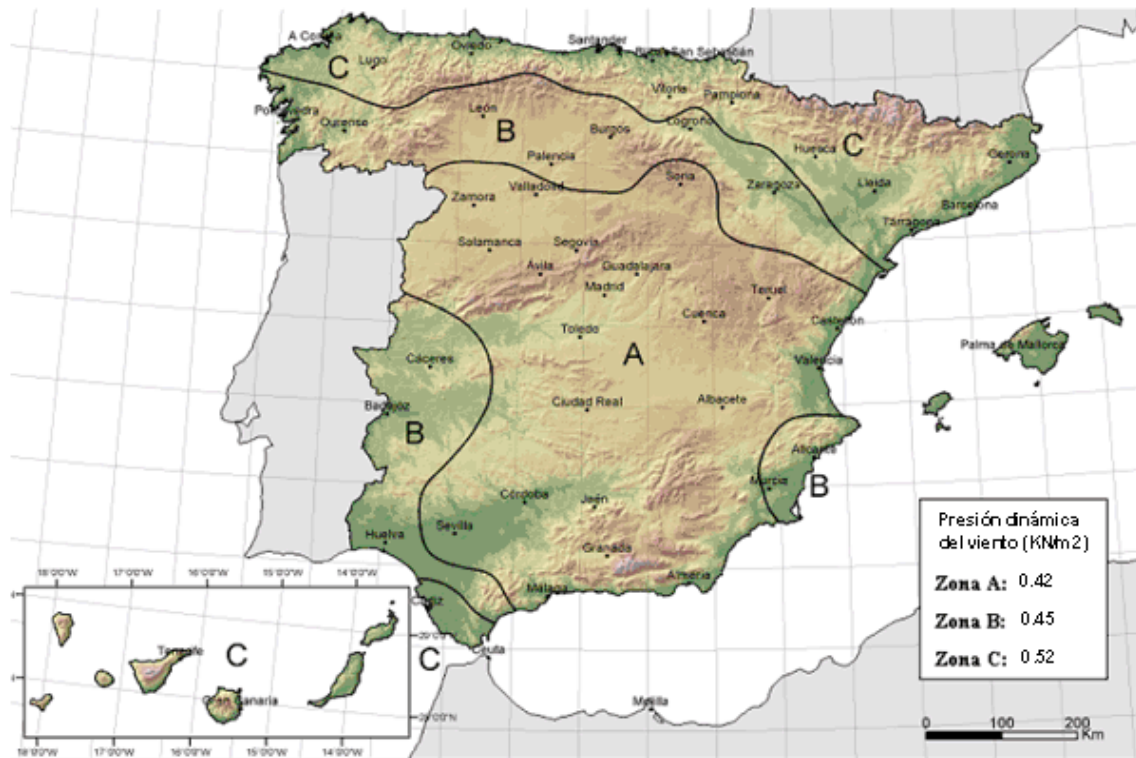


Fig. 7.4. Pressió dinàmica de vent segons les zones de la península.

Font: CTE

Pel coeficient d'exposició, s'ha considerat el que es tracta d'un entorn de tipus III i s'ha considerat l'altura de la cabina, amb la qual s'ha obtingut un valor de 2,4. Un entorn de tipus III implica una zona rural amb alguns obstacles aïllats com podrien ser arbres. En el nostre cas, que ens trobem en un entorn forestal i que no és completament pla, l'entorn III és l'adequat.

Entorno (grado de aspereza)		Altura del punto considerado (m)							
		3	6	9	12	15	18	24	30
I	Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	2,4	2,7	3,0	3,1	3,3	3,4	3,5	3,7
II	Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	2,1	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
III	Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	1,6	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1
IV	Zona urbana en general, industrial o forestal	1,3	1,4	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6
V	Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	1,2	1,2	1,2	1,4	1,5	1,6	1,9	2,0

Fig. 7.5. Valors coeficient d'exposició c_e .

Font: CTE.

Pel coeficient eòlic, s'ha considerat una esveltesa de 1, ja que s'està contemplant l'efecte del vent a la cabina de la TVIF i aquesta és cúbica. D'aquesta forma, s'obtenen un coeficient de pressió de 0,8 i un coeficient de succió de -0,5.

Coeficiente eólico	Esbeltez en el plano paralelo a viento					
	< 0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	≥ 5,00
Coeficiente eólico de presión, c_p	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8
Coeficiente eólico de succión, c_s	-0,3	-0,4	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7

Fig. 7.6. Valors del coeficient eòlic de pressió i succió.

Font: CTE.

Per aplicar aquesta càrrega s'ha utilitzat la mateixa metodologia mencionada anteriorment. S'han utilitzat elements auxiliars per aplicar la càrrega repartida en tota la superfície dels paraments verticals els quals es veien afectats pel vent.

A la resta de la TVIF, s'ha aplicat el vent directament a les barres com a càrrega lineal en cada barra. Com que el valor que es té del vent és una pressió, s'ha hagut de fer un procés iteratiu, ja que la secció de la barra podia anar canviant en funció del càlcul, i modificar la secció, modifica la càrrega lineal de vent aplicada.

Per la hipòtesi de vent oblic, de forma aproximada i de cara a la seguretat, s'han utilitzat els mateixos valors de pressió i succió que en la hipòtesi de vent perpendicular. Simplement s'ha modificat la direcció d'aplicació de les càrregues.

7.1.5. Neu

La càrrega de neu a aplicar en aquesta estructura, tenint en compte l'emplaçament d'aquesta, és de $0,4 \text{ kN/m}^2$. Aquest valor és l'estipulat per la ciutat de Girona, però tenint en compte la proximitat i que la zona on s'ubicarà la TVIF està a una altitud similar a la de Girona, podem agafar aquest mateix valor per la TVIF.

Com en el cas de la sobrecàrrega d'ús, s'ha aplicat la càrrega de neu sobre tota la superfície de la coberta a través d'un element auxiliar que reparteix les càrregues als elements estructurals.

Capital	Altitud m	s_k kN/m^2	Capital	Altitud m	s_k kN/m^2	Capital	Altitud m	s_k kN/m^2
Albacete	690	0,6	Guadalajara	680	0,6	Pontevedra	0	0,3
Alicante/Alacant	0	0,2	Huelva	0	0,2	Salamanca	780	0,5
Almería	0	0,2	Huesca	470	0,7	S. Sebastián/Donosita	0	0,3
Ávila	1.130	1,0	Jaén	570	0,4	Santander	0	0,3
Badajoz	180	0,2	León	820	1,2	Segovia	1.000	0,7
Barcelona	0	0,4	Lérida/Lleida	150	0,5	Sevilla	10	0,2
Bilbao / Bilbo	0	0,3	Logroño	380	0,6	Soria	1.090	0,9
Burgos	860	0,6	Lugo	470	0,7	Tarragona	0	0,4
Cáceres	440	0,4	Madrid	660	0,6	Tenerife	0	0,2
Cádiz	0	0,2	Málaga	0	0,2	Teruel	950	0,9
Castellón	0	0,2	Murcia	40	0,2	Toledo	550	0,5
Ciudad Real	640	0,6	Orense/Ourense	130	0,4	Valencia/València	0	0,2
Córdoba	100	0,2	Oviedo	230	0,5	Valladolid	690	0,4
Coruña/A Coruña	0	0,3	Palencia	740	0,4	Vitoria/Gasteiz	520	0,7
Cuenca	1.010	1,0	Palma de Mallorca	0	0,2	Zamora	650	0,4
Gerona / Girona	70	0,4	Palmas, Las	0	0,2	Zaragoza	210	0,5
Granada	690	0,5	Pamplona/Iruña	450	0,7	Ceuta y Melilla	0	0,2

Fig. 7.7. Valors de sobrecàrrega de neu per capitals de província.

Font: Atlas Climático.

7.1.6. Sisme

En el cas del sisme, el programa genera automàticament les dos hipòtesis en el pla horitzontal de moviment sísmic. S'ha tingut en compte que la TVIF està ubicada a la comarca de la Garrotxa, ja que el programa et demana la ubicació per tal de generar el sisme.

☒ **NCSE-02** ☐ NCSE-94 ☐ Eurocódigo 8

Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-02

☒ Acción sísmica según X ☒ Acción sísmica según Y

Aceleración básica Coeficiente de contribución (GIRONA) OLOT

Amortiguamiento:

Coeficiente de riesgo
☒ **Construcciones de importancia normal**
☐ Construcciones de importancia especial

Tipo de suelo
☒ **Por tipo de terreno** Tipo II
☐ Especial

Ductilidad
☒ **Según norma** Ductilidad baja
☐ Especial

Parte de sobrecarga a considerar
☐ Según norma
☒ **Especial**

Parte de nieve a considerar
☐ Según norma
☒ **Especial**

Coef. Amplificación

Periodo	Coef. Amplificación
0	2.5
1	1.0
2	0.6
3	0.4
4	0.3
5	0.25
6	0.22
7	0.2
8	0.18

Número de modos de vibración que intervienen en el análisis

☒ **Según norma**
☐ Automático, hasta alcanzar un porcentaje exigido de masa desplazada
☐ Especificado por el usuario

Efectos de la componente sísmica vertical

☒ **No considerar**
☐ Especificar el coeficiente de modificación

Fig. 7.8. Quadre de diàleg de CYPE 3D.

Font: Pròpia, CYPE 3D

En el quadre de diàleg mostrat en la figura 7.8. s'han introduït les característiques del sisme al qual es vol comprovar l'estructura i el programa automàticament, tenint en compte la norma que se li demani, genera les hipòtesis. En aquest cas ha generat dues hipòtesis, una en la direcció X i l'altre en la direcció Y.

7.2. Resultats

Un cop introduïdes totes les càrregues, definida la geometria de l'estructura i definits de forma momentània els perfils de les barres, es pot procedir al càlcul. El programa permet dues opcions de càlcul, comprovació o dimensionament. S'ha procedit amb el mètode de comprovació i s'ha anat modificant l'estructura fins a trobar la solució que passa les comprovacions.

Un cop fas el càlcul de comprovació, el programa et permet revisar element a element. Quan revises un element, el programa et mostra un llistat dels perfils de la sèrie que estàs utilitzant i pots veure quin perfil compleix normativa i quin no.

Perfil	Peso	Resistencia	Resistencia incendio	Errores
✗ ESTRUCT CUAD 75x75x6.0mm	12.01	245.51 %	97.93 % (452.0 °C / 1.8 mm)	
✗ ESTRUCT CUAD 90x90x2.0mm	5.42	—	—	El ax...
✗ ESTRUCT CUAD 90x90x2.5mm	6.70	—	—	El ax...
✗ ESTRUCT CUAD 100x100x2.0mm	6.04	—	—	El ax...
✗ ESTRUCT CUAD 100x100x2.5mm	7.48	—	99.50 % (405.0 °C / 4.8 mm)	El ax...
✗ ESTRUCT CUAD 100x100x3.0mm	8.89	—	97.09 % (472.5 °C / 3.2 mm)	El ax...
✗ ESTRUCT CUAD 100x100x4.0mm	11.62	180.11 %	93.26 % (533.0 °C / 2.0 mm)	
✗ ESTRUCT CUAD 100x100x6.0mm	16.72	123.15 %	81.57 % (573.0 °C / 1.2 mm)	
✗ ESTRUCT CUAD 135x135x4.0mm	16.01	100.57 %	78.52 % (601.5 °C / 1.6 mm)	
✓ ESTRUCT CUAD 135x135x6.0mm	23.31	68.40 %	62.36 % (627.0 °C / 1.0 mm)	
✓ ESTRUCT CUAD 150x150x4.0mm	17.90	84.06 %	84.97 % (643.5 °C / 1.4 mm)	
✓ ESTRUCT CUAD 150x150x6.0mm	26.14	57.18 %	90.05 % (695.0 °C / 0.8 mm)	
✓ ESTRUCT CUAD 200x200x5.0mm	29.93	43.54 %	56.44 % (678.5 °C / 1.0 mm)	
✓ ESTRUCT CUAD 200x200x7.0mm	41.07	31.72 %	31.90 % (646.0 °C / 0.8 mm)	
✓ ESTRUCT CUAD 250x250x9.0mm	65.87	18.28 %	19.83 % (657.5 °C / 0.6 mm)	
✓ ESTRUCT CUAD 300x300x10.0mm	88.30	12.93 %	11.16 % (623.5 °C / 0.6 mm)	
✓ ESTRUCT CUAD 300x300x12.0mm	104.55	10.93 %	16.25 % (695.0 °C / 0.4 mm)	

No se han definido límites de flecha
Revestimiento de protección: Pintura intumescente

Significado de los iconos
✗ Perfil que no cumple alguna comprobación.
✓ Perfil que cumple todas las comprobaciones.

Aceptar Cancelar

Fig. 7.9. Llistat de comprovació de resistència d'un element.

Font: Pròpia, CYPE 3D.

A l'hora d'escollir els perfils, una de les limitacions més importants ha sigut la limitació d'esveltesa (CTE DB SE-A, Articles 6.3.1 y 6.3.2.1 – Taula 6.3). L'esveltesa reduïda $\bar{\lambda}$ de les barres comprimides ha de ser inferior al valor de 2.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} < 2$$

Els paràmetres de l'equació són els següents:

Classe: Classe de la secció, segons la capacitat de deformació i de desenvolupament de la resistència plàstica dels elements plans comprimits en una secció. En el cas de les barres utilitzades en l'estructura de la TVIF són totes de classe 1 o 2.

$$\text{La secció sera de classe 1 si: } \frac{b - 2 \cdot 1,5 \cdot t}{t} \leq 33 \cdot \sqrt{\frac{235}{f_y}}$$

$$\text{La secció sera de classe 2 si: } \frac{b - 2 \cdot 1,5 \cdot t}{t} \leq 38 \cdot \sqrt{\frac{235}{f_y}}$$

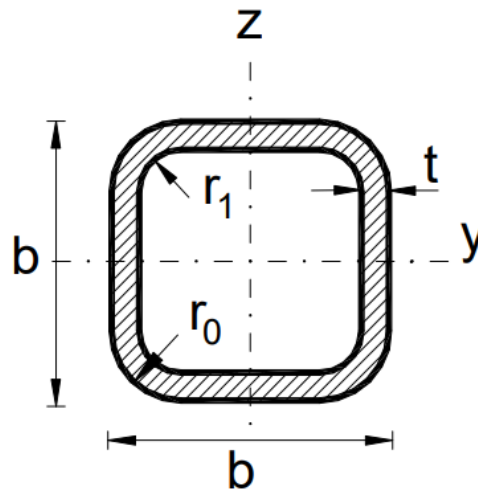


Fig. 7.10. Secció tubular quadrada.

Font: CTE

A: Àrea de la secció bruta per les seccions de classe 1, 2 i 3.

f_y : Límit elàstic del material de la secció.

N_{cr} : Esforç axial crític de vinclament elàstic. L'esforç axial crític és el més gran dels tres possibles: el de vinclament per flexió respecte a l'eix Y, el de vinclament per flexió respecte a l'eix Z i el de vinclament per torsió.

En les barres de la torre l'esforç axial crític de vinclament és el de vinclament per flexió, que és idèntic en les dues direccions al ser un perfil tubular de secció quadrada.

$$N_{cr,y,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{y,z}}{L_{kyz}^2}$$

On:

E = Mòdul d'elasticitat de l'acer.

$I_{y,z}$: Moment d'inèrcia de la secció bruta, respecte a l'eix Y o Z. Al ser doblement simètrica la secció, és el mateix.

$L_{k,yz}$: Longitud efectiva de vinclament per flexió, respecte a l'eix Y o Z. És la mateixa en les dues direccions, ja que les barres no tenen condicions de contorn diferents en les direccions.

Per tant, a l'hora de dimensionar les seccions, ha sigut important reduir l'esveltesa. Veient els paràmetres implicats, les opcions per reduir-la són: reduir el límit elàstic del material, reduir la longitud de vinclament a flexió, augmentar la inèrcia de la secció i reduir l'àrea de la secció.

La primera de les opcions ja es va aplicar des d'un inici en el disseny de l'estructura preveient que aquest problema apareixeria. L'acer seleccionat és el de límit elàstic 235 MPa, no es pot utilitzar un acer de menys límit elàstic.

La segona de les opcions s'ha utilitzat reduint la dimensió dels cubs que formen l'estructura, inicialment eren de 4 m i s'ha reduït fins a 3 m per tal de disminuir la longitud de vinclament a flexió de les barres. Sobretot en les diagonals, ja que són els elements més llargs de l'estructura i els que estaven donant més problemes a l'hora de complir aquesta comprovació.

Les dues últimes van lligades, ja que augmentar la inèrcia de la secció implica augmentar l'àrea, i per tant, el que es guanya per una banda, es perd per l'altra. Tot i així, acaba essent rentable augmentar la inèrcia ja que aquesta augmenta amb més proporció que l'àrea.

El fet d'haver dimensionat les barres en funció de l'esveltesa, fa que algunes d'elles a nivell de resistència hagin quedat bastant sobrades a nivell d'aprofitament de la secció.

El programa també dona l'opció de revisar els desplaçaments, les reaccions, els esforços, la deformada i les comprovacions ELU.

Alguns elements de l'estructura també han quedat molt sobredimensionats, ja que estem agrupant elements per tal de facilitar la construcció de l'estructura. A l'agrupar diferents elements, un cop el programa ha fet el càlcul, agafa l'element més desfavorable per determinar la secció d'aquell grup de barres.

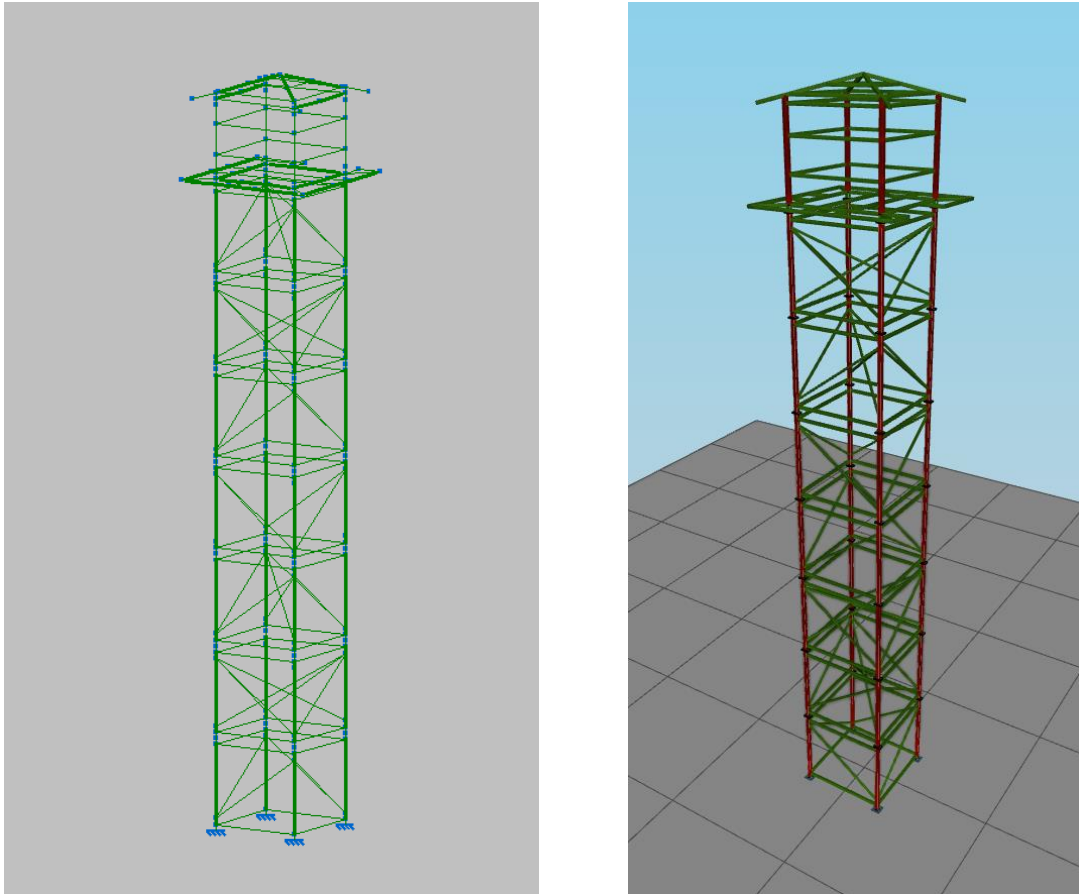


Fig. 7.11. Comprovació a resistència dels elements de la TVIF.

Font: Pròpia, CYPE 3D

Com es pot veure en la imatge esquerra de la figura 7.11., totes les barres de la TVIF apareixen en verd en la comprovació de resistència. Això indica que les barres compleixen amb totes les comprovacions obligatòries que indica el CTE.

Un cop validat que l'estructura compleixi a resistència, es validen també les comprovacions E.L.U.. Igual que amb les comprovacions anteriors, apareix l'estructura i es marquen els elements que superen les comprovacions en verd, i en vermell els que no.

Pel que fa a la deformada, es pot comprovar per a cada hipòtesi o combinació d'hipòtesis, quin és l'aspecte de la deformada i el rang de deformacions. Així com tots els modes de vibració de les hipòtesis de sisme.

Els perfils seleccionats un cop acabat el càlcul són:

- Pilars: Perfil tubular quadrat de 135 x 6 mm
- Cordó: Perfil tubular quadrat de 100 x 6 mm
- Diagonal: Perfil tubular quadrat de 75 x 6 mm

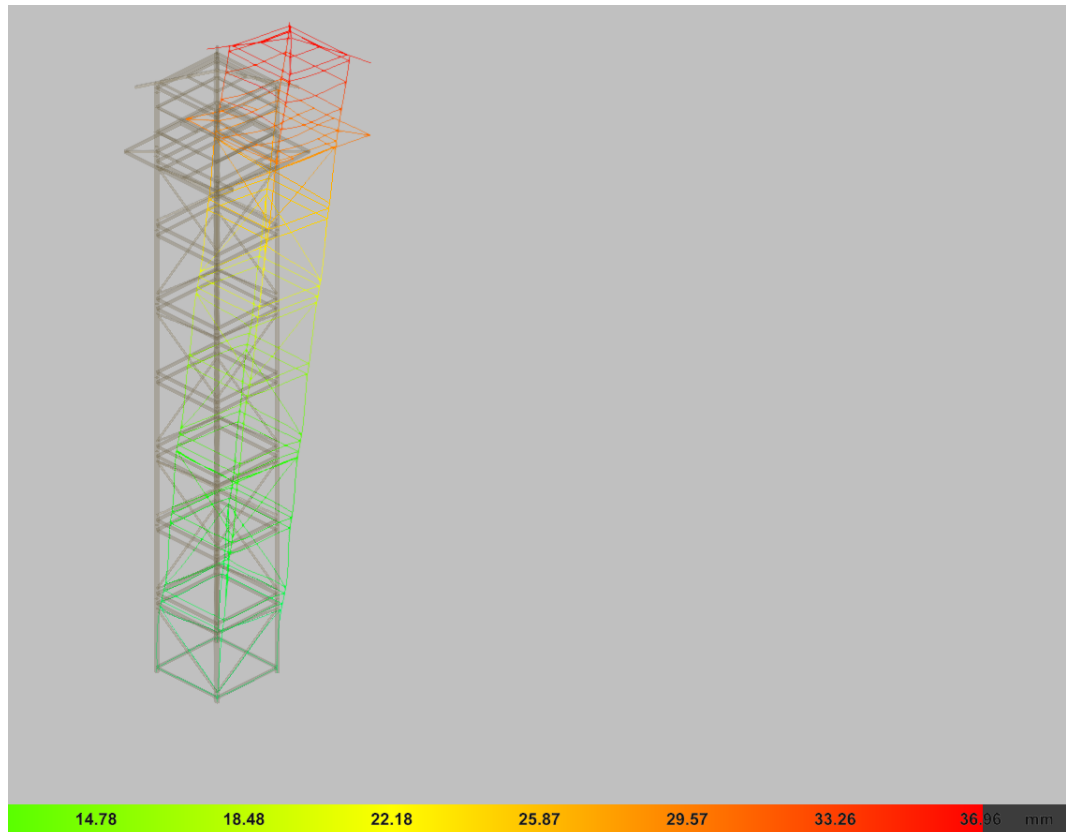


Fig. 7.12. Deformada per la hipòtesi de PP+CM1+CM2+Q1+V1+N1.

Font: Pròpia, CYPE 3D

La hipòtesi de la figura 7.12. correspon a la més desfavorable i on s'obtenen els desplaçaments més grans, essent 36,96 mm el desplaçament de la punta de la TVIF. Tenint en compte que el CTE estipula una fletxa horitzontal màxima de $H/500$ que equival a 48 mm per una altura de 24 m, complim la comprovació. Calia esperar que aquesta fos la combinació més desfavorable ja que és la que combina totes les càrregues. Dels dos vents ha resultat més desfavorable el perpendicular a les cares de la TVIF.

Després d'haver calculat l'estructura, queden dos passos importants per fer: el càlcul de les unions i el càlcul dels fonaments. Un cop calculada l'estructura, el mateix programa dóna l'opció de fer aquests dos càlculs. Anteriorment al càlcul de l'estructura, no es pot fer el càlcul de les unions ni dels fonaments. Es necessiten els esforços i les reaccions extrets del càlcul de l'estructura per poder fer el càlcul.

Pel que fa a la cimentació, tal com s'havia decidit en el disseny conceptual s'han predimensionat sabates encepades. Amb les reaccions de l'estructura, es realitza la comprovació del predimensionat i no compleix. Per tal de complir, s'ha d'augmentar la mida de les sabates considerablement.

S'ha de tenir en compte que estem fent un càlcul simètric i que les sabates que estan ara més sol·licitades per el vent, també ho estarien si poséssim tots els vents. Per tant, s'ha de dimensionar amb la sabata més desfavorable pel que fa a esforços rebuts.

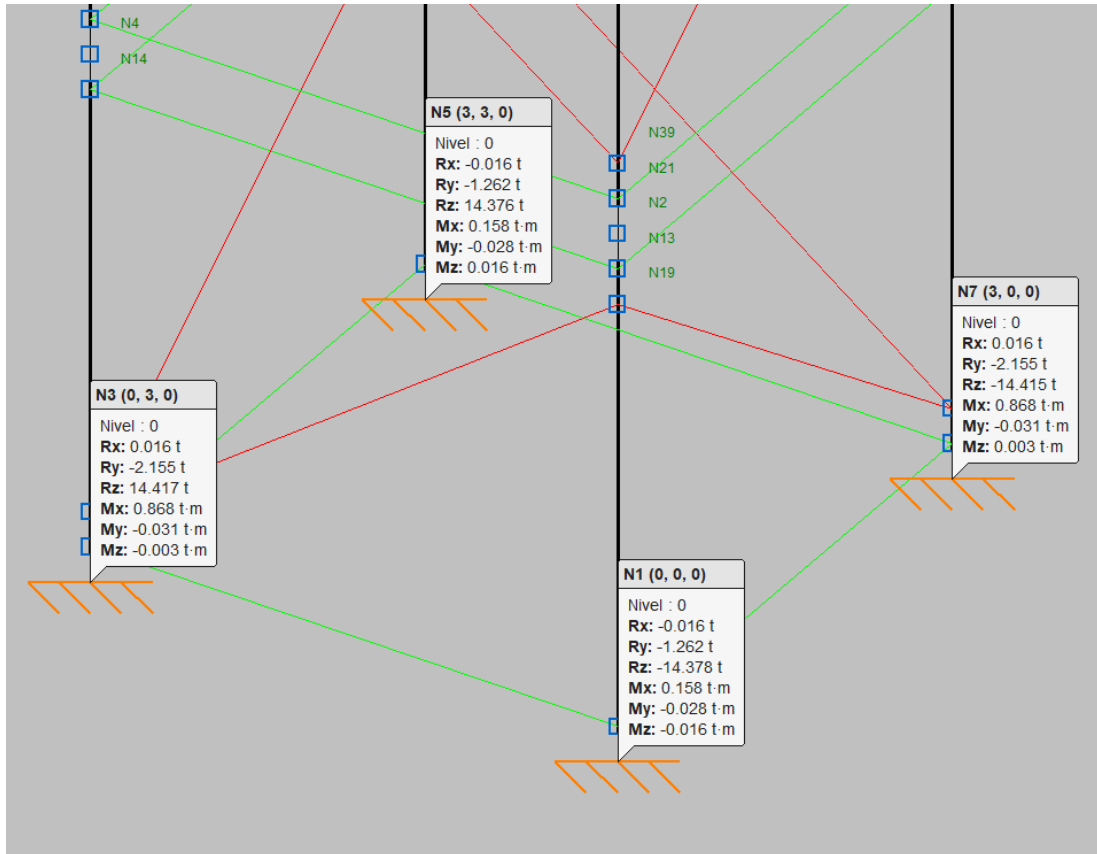


Fig. 7.13. Reaccions per la hipòtesis simple V1.

Font: Pròpia, CYPE 3D

Com es pot veure en la figura 7.13., en el cas del vent el que fa sobre els fonaments és voler tombar-los en la direcció en què bufa el vent, i per tant, hi ha dues sabates que es volen aixecar, i dues que s'estan comprimint contra el terreny. Per tal que els fonaments suportin aquests esforços, no queda altra opció que augmentar l'àrea i lligat a l'àrea, la massa.

Amb l'àrea aconseguirem més superfície de terreny a transmetre els esforços i amb la massa, compensar els esforços negatius en l'eix vertical i així fer que l'estructura no es tombi per l'acció del vent.

Un cop redimensionades les sabates amb el càlcul queden els fonaments que es poden observar en la figura 7.15.

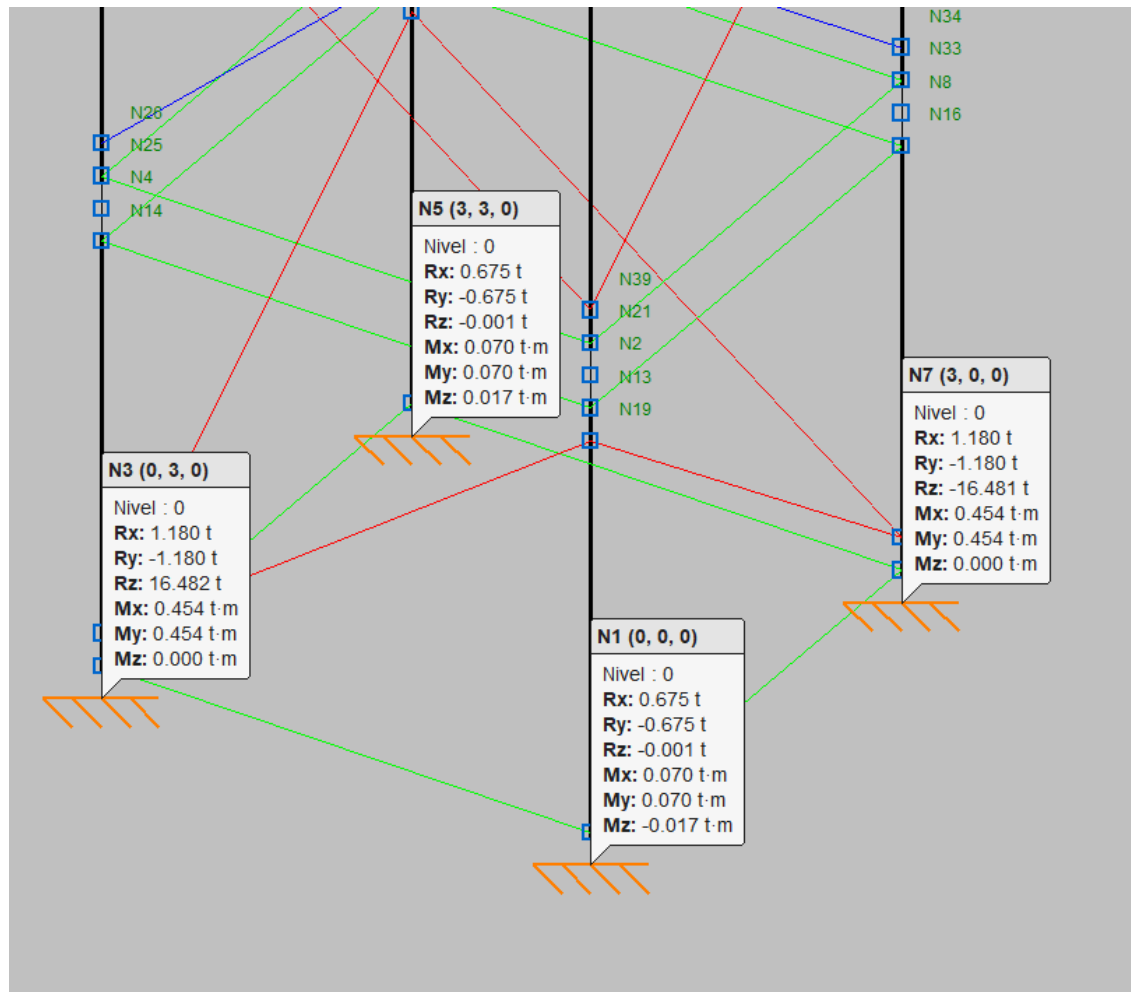


Fig. 7.14. Dimensionament de les sabates.

Font: Pròpia, CYPE 3D

La sabata més gran, i per tant, la que ens hem de fixar per dimensionar les quatre sabates és la que degut a l'acció del vent V2 sobre l'estructura té tendència a aixecar-se. Com es pot veure en la figura 7.14., la reacció vertical negativa és elevada, i per tant, es necessita massa als fonaments per compensar-la, i per això és la sabata més gran.

Aquesta sabata, com es pot veure en la figura 7.15., mesura 365 x 365 x 80 cm, i per tant, si es fan totes les sabates d'aquesta mida, es generen col·lisions i ja no te sentit dimensionar amb sabates.

Vist el resultat, es passa a dimensionar amb llosa continua, es predimensiona una llosa i es repeteix el càlcul per obtenir les validacions dels fonaments. El programa permet eliminar les interferències entre sabates i d'aquesta manera dimensionar la llosa directament. El resultat és el de la figura 7.16.. Com es pot veure, al dimensionar amb llosa contínua s'ha reduït tant el gruix com l'àrea total d'haver dimensionat amb sabates amb interferències.

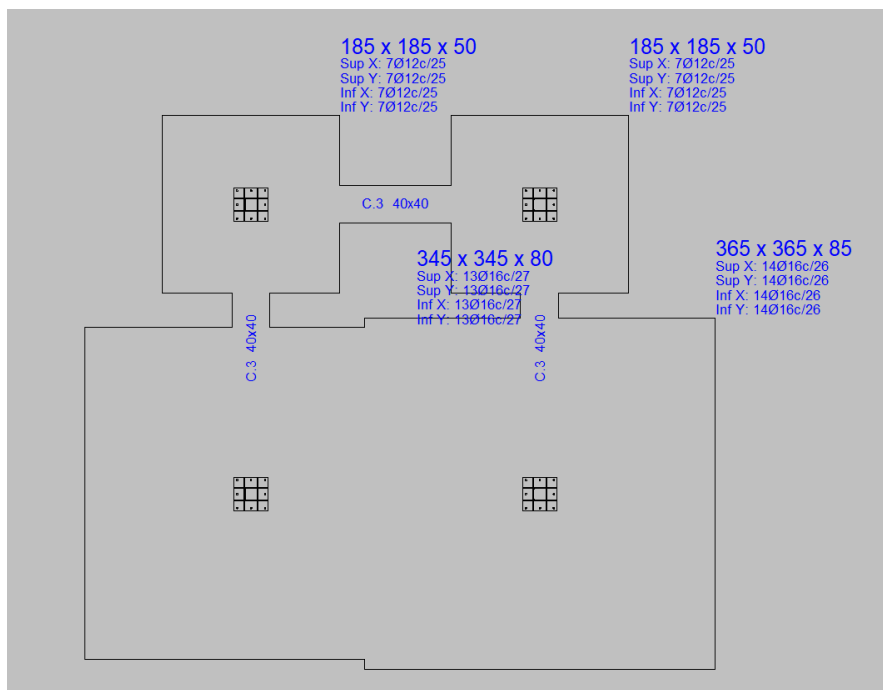


Fig. 7.15. Resultat del dimensionament dels fonaments amb sabates.

Font: Pròpia, CYPE 3D

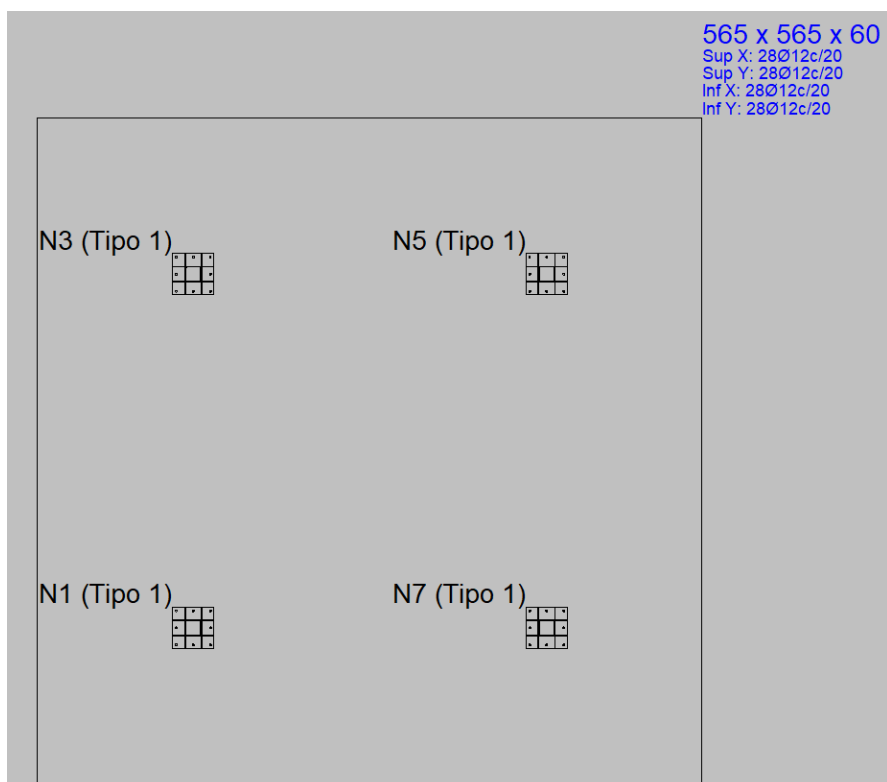


Fig. 7.16. Resultat del dimensionament dels fonaments amb llosa continua.

Font: Pròpia, CYPE 3D

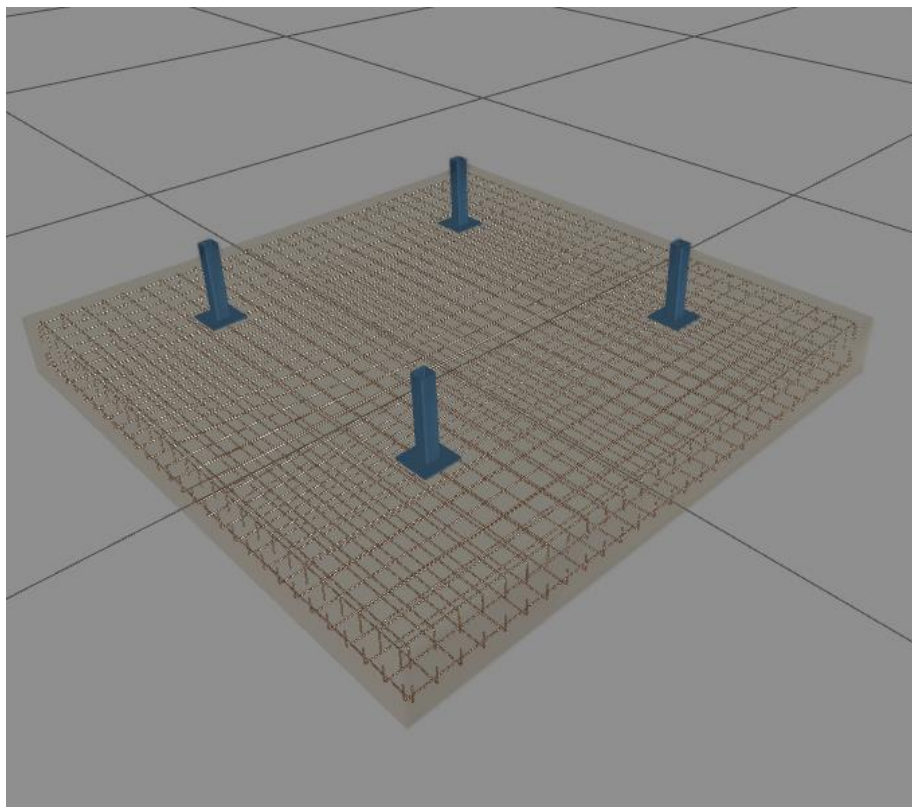


Fig. 7.17. Vista 3D de la llosa obtinguda com a resultat.

Font: Pròpia, CYPE 3D

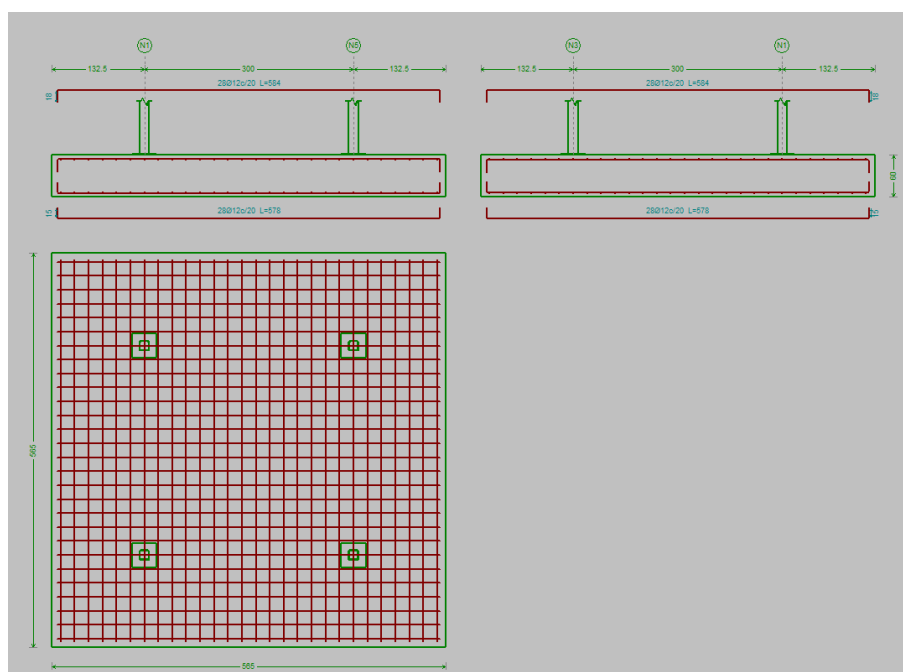


Fig. 7.18. Plànol de cotes dels fonaments.

Font: Pròpia, CYPE 3D

Un cop realitzades totes les comprovacions normatives que demana el CTE, es generen els plànols de detall dels fonaments, tal com es poden veure en la figura 7.18.. En ells, es poden veure les dimensions de la llosa i els detalls de les barres d'armat d'acer.

Un cop calculats l'estructura i els fonaments, s'han de calcular les unions entre els diferents elements de l'estructura.

El programa dóna una opció d'autogeneració de totes les unions que detecta. S'utilitza aquesta opció, i un cop generades les unions, s'agrupen per tipus igual que en el cas de les barres. S'agrupen per no generar una unió diferent per a cada unió de l'estructura que és el que passaria si s'optimitzessin sense agrupar i això faria molt difícil la seva execució. Els tipus d'unions són els següents:

- Unió entre el pilar i els fonaments. Unió realitzada amb perns, plaques i soldadura.
- Unió entre el pilar i el cordo. Unió realitzada amb soldadura.
- Unió entre pilars. Unió realitzada amb soldadura i cargols.
- Unió entre pilars i diagonals. Unió realitzada amb soldadura.

Un cop agrupades les unions es procedeix al càlcul i dimensionament d'aquestes. Igual que amb les barres, programa també et permet comprovar les unions una a una i veure quines compleixen amb la normativa i quines no. El programa, basant-se amb la unió més desfavorable del grup, dimensiona les unions de tot el grup. A l'annex es troben tots els detalls del càlcul i els plànols.

A l'hora de dimensionar les unions soldades entre els perfils, com s'han utilitzat perfils del mateix gruix i es tracta de perfils tubulars que per simple corrosió ja interessa soldar tot el perfil per tal de segellar la part interior. El resultat de les unions soldades és l'esperable, s'han de soldar els perfils en tot el contorn amb un coll de soldadura del mateix gruix que el gruix de la secció.

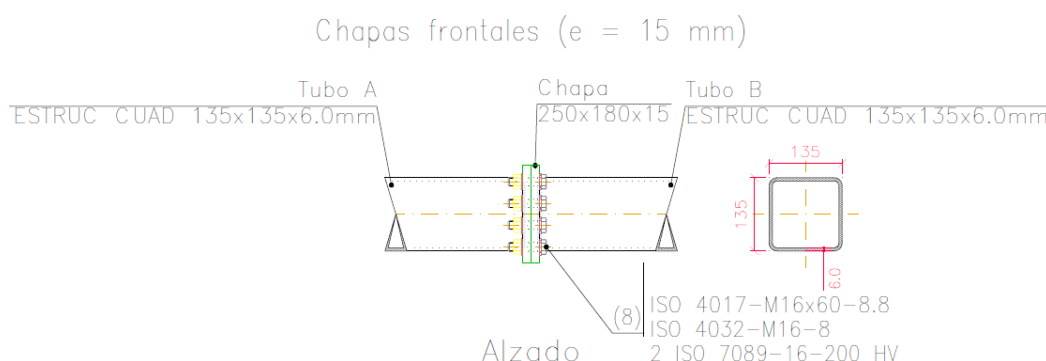


Fig. 7.19. Plànols unió entre pilars.

Font: Pròpia, CYPE 3D

Un cop acabats tots els càlculs, el programa et permet extreure els llistats. El programa anomena llistats als documents que genera per la comprovació i justificació del càlcul complet de l'estructura.

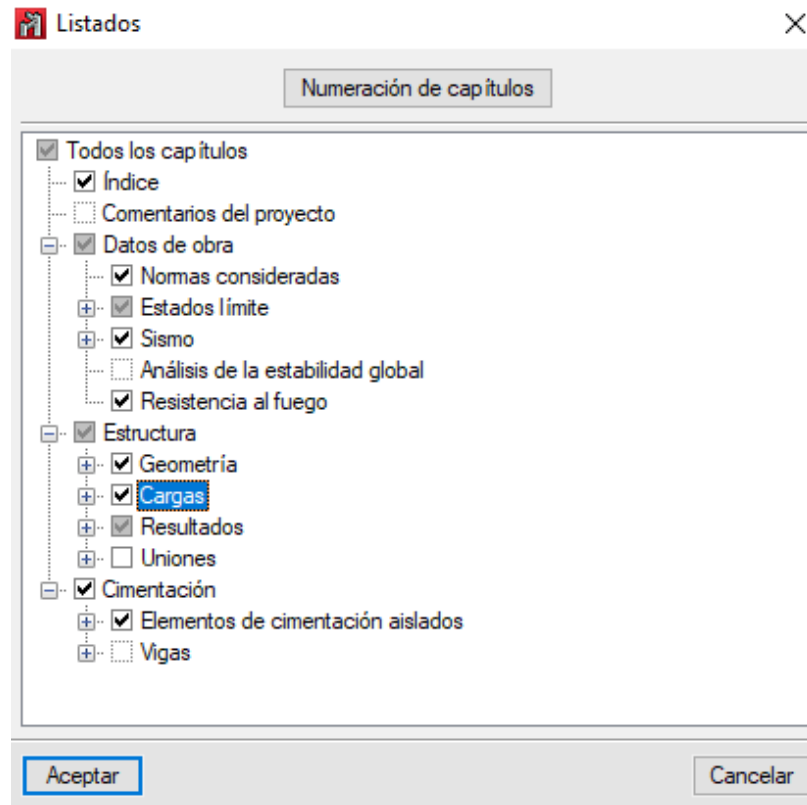


Fig. 7.20. Llistats del projecte de CYPE 3D

Font: Pròpia, CYPE 3D.

El programa dóna moltes opcions per extreure documents del càlcul, i tot i que els pots extreure tots, això generaria un excés de documentació innecessària. Sobretot els documents de comprovacions E.L.U., que són molt extensos i extreure'ls de tots els elements de l'estructura resulta impossible inclús pel mateix programa. De fet, es penja si intentes extreure tots els documents de comprovacions E.L.U.. Per aquest motiu s'han extret els documents que s'han considerat més necessaris per intentar no fer massa extensa la memòria de càlcul.

Igual que amb els llistats, el programa et permet generar un seguit de plànols, els quals pots modificar segons conveniència.

Els llistats extrets i els plànols es troben com a annex d'aquesta memòria.

8. Pressupost

Un cop acabat el disseny de la TVIF es realitzen dos pressupostos. El primer, de les tasques que ja s'han realitzat de càlcul i redacció del projecte i el segon, el pressupost de l'execució del projecte.

8.1. Pressupost del projecte

Per tal de redactar aquest projecte, s'ha disposat d'un enginyer industrial el qual ha realitzat totes les tasques del projecte. A continuació, en la figura 8.1, es mostra una taula on es desglossa per apartats les hores invertides i el seu cost. El total de hores dedicades al projecte són 335 hores.

	Preu unitari	Unitats	Total
Estat de l'art	40 € / h	30 h	1.050 €
Especificacions bàsiques	40 € / h	20 h	700 €
Disseny conceptual			
<i>Estructura</i>	75 € / h	40 h	2.600 €
<i>Instal·lacions</i>	75 € / h	50 h	3.250 €
Càlcul estructural	80 € / h	150 h	10.500 €
Redacció de la memòria	35 € / h	25 h	750 €
Generació de plànols	30 € / h	20 h	500 €
Programari			
<i>CYPE</i>			
<i>Llicència CYPE 3D</i>	2.100 € / ut.	1 ut.	2.100 €
<i>Llicència Arquimedes</i>	320 € / ut.	1 ut.	320 €
<i>Llicència AutoCAD</i>	279 € / mes	1 mes	279 €
TOTAL PRESSUPOST (sense IVA)			22.040 €

Fig. 8.1. Pressupost de realització del projecte.

Font: Pròpia, Excel.

En el pressupost s'ha tingut en compte el cost de les llicències dels programes que s'han utilitzat per realitzar aquest projecte. En el cas de CYPE, són llicències de pagament únic i en el cas de AutoCad, és una llicència mensual i amb un mes s'ha tingut prou per realitzar tota la documentació gràfica del projecte. També s'ha utilitzat programari de Microsoft Office però aquest es considera d'ús bàsic i no s'ha tingut en compte a l'hora de realitzar el pressupost.

8.2. Pressupost d'execució del projecte

En aquest apartat s'ha realitzat un pressupost per executar el projecte. S'ha realitzat mitjançant el programa Arquimedes, mòdul de CYPE. La majoria de partides s'han trobat en el banc de preus però algunes s'han hagut de generar manualment degut a l'especificitat.

El programa, igual que en el CYPE 3D, permet generar molta documentació. El document creat incorpora quatre apartats que s'han considerat que són els bàsics per entendre el pressupost: amidaments, pressupost, resum del pressupost i justificació de preus.

S'han fixat els gestos generals en el 13 % i el benefici industrial en un 6 %, ja que són els valors estàndards.

El document amb el pressupost complet es troba com a annex a aquesta memòria. A continuació, es mostra el resum del pressupost.


	
Proyecto: TORRE DE VIGILANICA DE INCENDIOS FORESTALES	
Presupuesto: Resumen del presupuesto	
1 Actuaciones previas	2.447,40 €
2 Acondicionamiento del terreno	509,48 €
3 Cimentaciones	3.656,69 €
4 Estructuras	27.606,48 €
5 Fachadas y particiones	4.451,58 €
6 Revestimientos y trasdosados	530,28 €
7 Carpintería, cerrajería, vidrios y protecciones solares	6.283,09 €
8 Instalaciones	20.843,68 €
9 Cubiertas	218,60 €
10 Urbanización interior de la parcela	8.892,11 €
11 Señalización y equipamiento	807,25 €
12 Gestión de residuos	716,81 €
13 Control de calidad y ensayos	2.575,00 €
14 Seguridad y salud	723,68 €
Presupuesto de ejecución material (PEM)	80.262,13 €
13% de gastos generales	10.434,08
6% de beneficio industrial	4.815,73
Presupuesto de ejecución por contrata (PEC = PEM + GG + BI)	95.511,94 €
Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de NOVENTA Y CINCO MIL QUINIENTOS ONCE EUROS CON NOVENTA Y CUATRO CÉNTIMOS.	

Fig. 8.2. Resum del pressupost d'execució del projecte.

Font: Pròpia, Excel.

9. Planificació del projecte

En aquest apartat es detallarà l'organització del projecte dividit per tasques i temps dedicat a cada una d'elles. Com s'ha mencionat al pressupost, s'han invertit un total de 335 hores aproximadament al projecte complet dividides de la següent manera:

	2019						2020											
	OCT		NOV		DES		GEN		FEBR		MARÇ		ABR		MAIG			
LLISTAT TASQUES	1 ^a 15 ^a	2 ^a 15 ^a	1 ^a 15 ^a	2 ^a 15 ^a	1 ^a 15 ^a	2 ^a 15 ^a	1 ^a 15 ^a	2 ^a 15 ^a	1 ^a 15 ^a	2 ^a 15 ^a	1 ^a 15 ^a	2 ^a 15 ^a	1 ^a 15 ^a	2 ^a 15 ^a	1 ^a 15 ^a	2 ^a 15 ^a	1 ^a 15 ^a	2 ^a 15 ^a
Planificació																		
Estat de l'art																		
Estudi de mercat																		
Estudi de les tecnologies																		
Introducció																		
Objecte																		
Abast																		
Justificació																		
Especificacions bàsiques																		
Disseny conceptual																		
Estructura																		
Instal·lacions																		
Disseny detallat																		
Estructura																		
Instal·lacions																		
Generació de plànols																		
Impacte ambiental																		
Pressupost																		
Conclusions																		
Redacció de la memòria																		
Preparació de la defensa																		

Fig. 9.1. Diagrama de Gantt de la planificació del projecte.

Font: Pròpia, Excel.

El pes de les hores invertides en el projecte durant aquests set mesos ha recaigut sobretot als càlculs, tant de l'estructura com de les instal·lacions. Inicialment estava prevista l'entrega del projecte al gener però per falta de disponibilitat i la complicació en els càlculs s'ha hagut de posposar l'entrega a l'abril.

10. Impacte ambiental

En aquest apartat s'estudiarà, per una banda, l'impacte de la construcció de la TVIF pel que fa als materials utilitzats i residus generats, i per altra banda, s'estudiarà la possible contaminació visual que podria generar la TVIF a l'ubicar-se en un entorn forestal.

Tenint en compte que la construcció es realitzarà bàsicament amb acer, es procedeix a realitzar l'impacte ambiental d'aquest material.

L'acer destaca per la seva alta eficiència, també ho fa per ser un material que respon als principis de sostenibilitat i responsabilitat social: és reciclable, no produeix residus i pot ser produït amb un baix impacte ambiental. El seu cicle de vida és il·limitat: l'acer és 100% reciclable i és, de fet, el material més reciclat del món.

En l'àmbit estatal, l'indústria siderúrgica és la que més recicla. La taxa de reciclatge supera el 90%, nivell que s'havia fixat per el 2050 a escala mundial.

La vida útil de l'estructura segons el CTE ha de ser mínim de 50 anys, podent tractar la TVIF com si fos un edifici d'oficines ja que hi haurà una persona treballant.

Tabla 5.1. Vida útil nominal de los diferentes tipos de estructura ⁽¹⁾

Tipo de estructura	Vida útil nominal
Estructuras de carácter temporal. ⁽²⁾	Entre 3 y 10 años
Elementos estructurales reemplazables que no forman parte de la estructura principal (por ejemplo, barandillas, apoyos de tuberías).	Entre 10 y 25 años
Edificios (o instalaciones) agrícolas o industriales y obras marítimas.	Entre 15 y 50 años
Edificios de viviendas u oficinas, puentes u obras de paso de longitud total inferior a 10 metros y estructuras de ingeniería civil (excepto obras marítimas) de repercusión económica baja o media.	50 años
Edificios de carácter monumental o de importancia especial.	100 años
Puentes de longitud total igual o superior a 10 metros y otras estructuras de ingeniería civil de repercusión económica alta.	100 años

⁽¹⁾Cuando una estructura esté constituida por diferentes partes, podrá adoptarse para tales partes diferentes valores de vida útil, siempre en función del tipo y características de la construcción de las mismas.

⁽²⁾En función del propósito de la estructura (exposición temporal, etc.). En ningún caso se considerarán como estructuras de carácter temporal aquellas estructuras de vida útil nominal superior a 10 años.

Fig. 10.1. Taula de vides útils de les estructures segons CTE.

Font: CTE

Tenint en compte la llarga vida útil de l'estructura i que aquesta és d'acer, material altament reciclable, es pot concloure que es tracta d'una edificació que compleix amb els criteris de sostenibilitat actual (llarga vida útil i reciclabilitat).

Per altra banda, sí que s'haurà de tenir en compte que la TVIF està ubicada en un entorn forestal i a l'hora de la construcció d'aquesta, s'haurà d'intentar reduir el mínim l'impacte en l'entorn. Tant a l'hora de no deixar cap mena de residu d'obra, com de reduir al mínim el trànsit de vehicles pesants.

Pel que fa a la contaminació visual de la TVIF, sí que es pot considerar que una estructura de pràcticament 25 metres d'alçada en un entorn forestal té un cert impacte. Per tal de minimitzar-lo, la torre es pintarà de color verd per mimetitzar-se al màxim amb l'entorn forestal.

Per valorar l'impacte en l'entorn, també s'ha de tenir en compte l'objectiu de la TVIF, que és protegir l'entorn dels incendis forestals. Per tant, encara que la TVIF generi un impacte negatiu, queda compensat pel fet que el seu objectiu és protegir l'entorn forestal.



Fig. 10.2. Exemple de contaminació visual d'una TVIF.

Font: www.diariocordoba.com

Conclusions

Un cop finalitzat el projecte, puc extreure diverses conclusions. Primerament, he assolit nous coneixements pel que fa a l'enginyeria de projectes de construcció, i el projecte ha resultat molt enriquidor a nivell de coneixements personals.

A l'hora de fer el treball, s'ha intentat replicar de la forma més fidel el que seria un projecte de construcció i s'ha aconseguit dins les limitacions que té un projecte acadèmic. Potser la part més complicada és la del pressupost ja que com ha estudiant a vegades es complica accedir a segons quins preus.

Revisant els objectius marcats a l'inici del treball, el primer i principal era el disseny d'una torre de vigilància d'incendis forestals, tant la part estructural com les instal·lacions. S'ha complert aquest objectiu obtenint el disseny complet de la torre.

Pel que fa a les especificacions marcades per la TVIF, s'ha pogut complir amb tot el que s'havia proposat: material, altura i equipament. El camp més delicat segurament era el de l'altura i s'han pogut assolir vint-i-quatre metres sense haver d'atirantar l'estructura quan s'havia marcat vint-i-cinc metres com a objectiu, per tant, es pot donar el resultat del disseny per vàlid. En els equipaments, inclús s'ha instal·lat equipament que no s'havia especificat.

Dels objectius secundaris marcats, es pot dir que també s'han complert tots. A través del treball, he pogut consolidar els coneixements adquirits durant el màster, a part d'adquirir-ne de nous.

Un dels objectius secundaris, que suposava un repte, era l'aprenentatge del programari de càlcul CYPE, totalment desconegut per mi a l'inici del treball. Un cop acabat el projecte, considero que he assolit un nivell de domini del programari força elevat i satisfactori amb l'objectiu que m'havia marcat.

Dins del programari de CYPE, ha sigut un descobriment positiu el programa Arquimedes el qual permet realitzar pressupostos. Havia treballat amb TCQ algun cop però mai amb aquest programa. Un coneixement més que adquireixo gràcies a aquest projecte.

Com a objectius secundaris, també s'ha assolit la visió de la magnitud d'un projecte real de construcció i els coneixements dels diferents tipus de vigilància d'incendis forestals que existeixen avui en dia. Ara mateix, amb la informació que he recollit en aquest treball a les TVIF autònomes considero que els i falta acabar de desenvolupar la tecnologia, però també penso que a llarg termini seran la millor opció.

Com a últim punt dels objectius, també havia marcat com a objectiu adquirir experiència a l'hora de redactar i generar documentació tècnica com la memòria, els plànols i el pressupost, i s'ha assolit satisfactòriament.

Per últim, afegir alguns punts de pròxims passos a seguir un cop acabat aquest projecte o de millores d'aquest mateix:

- Estudi comparatiu complet entre realitzar l'estructura amb perfils tubulars o amb angulars.
- Estudi de la viabilitat d'augmentar l'altura de la TVIF amb els mateixos mòduls estructurals.
- Estudi comparatiu de realitzar l'estructura atirantada o no.
- Estudi de semi-automatització de la TVIF, la TVIF està preparada pel que fa a la instal·lació elèctrica per incorporar elements tecnològics d'ajut a la vigilància.
- Estudi de seguretat i salut de l'execució de la obra.
- Planning de l'execució de la obra.

Agraïments

M'agradaria expressar principal la meva gratitud a dues persones que han sigut molt importants per la realització d'aquest treball.

Primer de tot, agrair al tutor Emilio Angulo per haver-me guiat i ajudat en tot moment en el desenvolupament d'aquest treball. Inicialment vaig arribar a les seves mans sense tema de TFM, ell va proposar aquest projecte i m'ha donat tot el suport necessari per acabar-lo.

Per altra banda, m'agradaria agrair a la Lydia tot el suport que m'ha donat per anar superant tots els obstacles durant la meva etapa estudiantil. En tot moment, des de l'inici del grau fins a l'entrega d'aquest TFM, has confiat amb mi i per mi has sigut el motor que m'ha fet avançar en els moments més complicats.

Bibliografia

Informació sobre torres de vigilància d'incendis forestals:

- Torres autònomes (consultat oct-19): http://www.sr7.eu/vigilancia_forestal.php
- Torres d'estructura metàl·lica convencional (consultat oct-19): <https://insametal.es/instalacion-torres-vigilancia-contra-incendios/>
- Notícies sobre torres de vigilància i altres tipus de vigilància d'incendis forestals (consultat oct-19):
 - <https://www.regio7.cat/solsones/2019/07/04/generalitat-tanca-torres-guaita-dincendis/554718.html>
 - <https://cuadernosdeseguridad.com/2018/06/un-sistema-de-videovigilancia-combatira-incendios-forestales-en-el-bierzo/>
 - <https://www.elconfidencialdigital.com/articulo/seguridad/bomberos-galicia-alertan-camaras-drones-incendios-xunta-son-inutiles/20190814174917129710.html>
 - <http://www.campogalego.com/es/forestal-es/88-camaras-para-vigilar-mas-de-la-mitad-del-territorio-gallego-y-prevenir-incendios-forestales/>
 - <https://www.laopiniondezamora.es/comarcas/2017/08/22/ermita-gracia-novedad/1027062.html>

Estructura metàl·lica:

- Codi Tècnic de l'edificació (consultat febr-20): <https://www.codigotecnico.org/index.php/menu-seguridad-utilizacion-accesibilidad/91-ct-documentos-cte.html>
- Impacte ambiental acer (consultat abril-20): <http://monvaga.com/steel-facts/sabias-que-el-acero-es-el-material-mas-reciclado-del-mundo>

Instal·lacions:

- Parallamps (consultat febr-20): <https://www.ingesco.com/es/productos/pararrayos-ingesco-pdc>
- Aplicació del REBT (consultat gen-20): http://www.f2i2.net/legislacionseguridadindustrial/rebt_guia.aspx
- RITE (consultat gen-20): <https://www.idae.es/tecnologias/eficienciaenergetica/edificacion/reglamento-de-instalaciones-termicas-de-los-0>